



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ECONOMÍA

***“MODELOS DE PRONÓSTICO A CORTO PLAZO SOBRE EL
COMPORTAMIENTO INFLACIONARIO EN PAÍSES DE AMÉRICA DEL
NORTE APLICANDO SERIES DE TIEMPO: 2006-2017”.***

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN ACTUARÍA

PRESENTA:

LEONARDO IRVIN MUNGUÍA DE LA CRUZ

LUIS ANTONIO ESTRADA CARMONA

ASESOR:

M. EN M. A. VERÓNICA ÁNGELES MORALES

REVISORES:

DR. EN A. OSWALDO GARCÍA SALGADO

M. EN A. ALEJANDRO ALANÍS CHICO

TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO SEPTIEMBRE 2018

Agradecimientos

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

A mi madre, que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mi hermana Etzael, por su apoyo incondicional, que con sus consejos me ha ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida.

A mi familia, que me han enseñado a no rendirme, a superar obstáculos y gozar los triunfos.

A la M. en M. A. Verónica Ángeles Morales, asesor de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento en la realización de la misma, además de ser una gran persona.

A mi amigo Tony, que con sus valiosas aportaciones hicieron posible este proyecto y por la gran calidad humana que me ha demostrado con su amistad.

A mis amigos, mi otra familia, que han sido pilar fundamental en mi vida y me han acompañado durante mi trayecto viviendo y compartiendo experiencias increíbles las cuales me han llevado ser el hombre que soy y que sin ellos hubiera terminado dos años antes.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

Leonardo Irvin Munguía de la Cruz

Agradecimientos

Primeramente, me gustaría agradecerle a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto en mi vida y poder lograr mis objetivos.

Gracias a mis padres por ser el principal apoyo de mis sueños, gracias a ellos por cada día creer en mí y en mis expectativas, por estar siempre dispuestos cuando necesitaba apoyo, por estar conmigo en las buenas, en las malas y en las peores, por haberme brindado la oportunidad de tener una muy buena educación y por todo el apoyo económico durante mis estudios y para poder lograr la realización de este trabajo, gracias a mi madre por estar siempre dispuesta a acompañarme cada día durante todos mis estudios, su apoyo y compañía, por levantarme el ánimo cuando fracasaba y siempre confiar en mí; gracias a mi padre por desear siempre lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras.

A la M. en M.A Verónica Ángeles Morales, asesor de tesis por habernos brindado la oportunidad de desarrollar este trabajo, los consejos, asesorías y guía para poder culminar este trabajo de investigación.

A Leo por ser un excelente amigo y compañero de tesis, por haberme apoyado y ayudado para que juntos lográramos la terminación de este trabajo.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida que me ayudaron a que llegara este momento y que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí y por todo lo que me han dado.

Luis Antonio Estrada Carmona

ÍNDICE

Introducción.....	1
Capítulo 1: Marco Teórico.....	5
1.1. La inflación.....	5
1.2 Cálculo de Inflación.....	6
1.3 Principales interpretaciones teóricas de la inflación.....	7
1.3.1 La inflación por la vía de la demanda.....	8
1.3.2 La inflación por la vía de la oferta.....	10
1.4 Determinantes de corto y largo plazo de la inflación.....	11
1.4.1 Determinantes de largo plazo de la inflación.....	11
1.4.2 Determinantes a corto plazo de la inflación.....	12
1.5 Deflación e hiperinflación.....	14
1.6 Importancia de la estabilidad de precios.....	15
1.6.1 Señoreaje: el impuesto inflacionario.....	18
1.6.2 Efectos distributivos.....	19
1.7 Medición de la inflación.....	20
1.7.1 Los índices de precios.....	20
1.8 Política monetaria.....	22
1.9 Antecedentes y evolución de la inflación.....	22
Capítulo 2 : Pronósticos y Series de Tiempo.....	27
2.1 Los pronósticos.....	27
2.2 Métodos para establecer pronósticos.....	27
2.2.1 Métodos cualitativos para establecer pronósticos.....	28
2.2.2 Métodos cuantitativos para establecer pronósticos.....	29
2.3 Tipos de pronósticos.....	30

2.4	Selección de una técnica para establecer pronósticos.....	31
2.5	Técnicas cuantitativas para establecer pronósticos	32
2.6	Definición de serie de tiempo	33
2.7	Objetivos de una serie de tiempo.....	34
2.8	Clasificación de series de tiempo.....	35
2.9	Métodos de series de tiempo	35
2.10	Técnicas descriptivas simples de series de tiempo	36
2.10.1	Componentes de las series de tiempo	36
2.10.2	Series de tiempo estacionarias	37
2.10.3	El grafico de tiempo.....	38
2.10.4	Test de raíces unitarias.....	38
2.10.5	Transformaciones.....	41
2.11	Operadores de diferencia y retraso.....	42
2.11.1	Operador de retraso	42
2.11.2	Operador diferencia.....	43
2.12	Autocorrelación	44
2.13	Modelos Autorregresivos (AR), Modelos de Promedios Móviles (MA) y Modelos autorregresivos y promedios móviles (ARMA).....	44
2.13.1	Modelos Autorregresivos (AR).	44
2.13.2	Modelos de Promedios Móviles (MA).....	46
2.13.3	Modelos autorregresivos y promedios móviles (ARMA).....	47
2.14	Modelos de series de tiempo propuestos por la metodología Box-Jenkins.....	47
2.14.1	Modelos Autorregresivos y Promedios Móviles Integrados (ARIMA) y Modelos Autorregresivos y Promedios Móviles Integrados con componente cíclico (SARIMA).....	47
2.14.2	Formulación del modelo ARIMA.....	48

2.14.3	Pasos para la construcción de los modelos ARIMA, SARIMA.	50
Capítulo 3	: Aplicación de la Metodología Box-Jenkins a las Series de Tiempo sobre la Inflación en América del Norte.....	60
3.1	Datos Muestrales.	60
3.2	Serie de Tiempo: La Inflación en México.	63
3.2.1	Identificación del modelo.	63
3.2.2	Estimación del modelo.....	71
3.2.3	Verificación del modelo.....	76
3.3	Serie de tiempo: la inflación en Estados Unidos.	80
3.3.1	Identificación del modelo.	80
3.3.2	Estimación del modelo.....	86
3.3.3	Verificación del modelo.....	90
3.4	Serie de tiempo: la inflación en Canadá.....	94
3.4.1	Identificación del modelo.	94
3.4.2	Estimación del modelo.....	100
3.4.3	Verificación del modelo.....	105
Capítulo 4	: Pronósticos.....	110
4.1	Inflación en México.....	110
4.2	Inflación en Estados Unidos.....	112
4.3	Inflación en Canadá.	114
Conclusiones.....		118
Bibliografía		121
ANEXOS		123
Anexo A: México.....		124
Anexo B: EUA.....		130
Anexo C: CANADÁ.....		135

Introducción

En los últimos años se ha incrementado en muchas áreas de diferentes disciplinas, el número de personas que tienen interés en aplicar modelos estadísticos de pronóstico para series de tiempo, ya que donde haya un registro de la sucesión de un evento se puede modelar.

Es importante realizar un análisis de la inflación en América del Norte porque los tres países que conforman esta región tienen una gran influencia económica y alguna alteración en la economía de uno de estos países trae consecuencias para los demás. También importante notar el contraste que tiene la inflación en un país en vías de desarrollo como México con la de países desarrollados como Estados Unidos y Canadá

Los pronósticos de variables económicas son ampliamente utilizados en la planeación empresarial, la administración financiera y en la instrumentación de las políticas monetaria y fiscal. En todos estos casos los pronósticos permiten a los agentes tomar decisiones en el presente sobre sucesos aun por ocurrir. En el contexto de los bancos centrales es necesario que los pronósticos sean una guía confiable para formular y medir la repercusión de la política monetaria, debido al efecto retardado-rezagado con la que esta influye en la economía.

Los bancos centrales emplean, en general, una vasta gama de modelos económicos con distintas metodologías, objetivos, periodicidad y horizontes para proyectar la inflación y para analizar los efectos de la política monetaria. Estos modelos pueden ser en cierta parte agregados o univariados, dependiendo de los resultados que se persiguen con ellos. Algunas veces poseen un enfoque de equilibrio parcial y otras, comprenden un conjunto de relaciones económicas de equilibrio y de comportamiento en general. Sus parámetros pueden ser estimados, o calibrados, o ser el resultado de una combinación de ambos.

La presente investigación se enfoca en los pronósticos a corto plazo de la inflación en América del Norte, porque este tipo de modelos se caracterizan por tener buenos resultados en el tiempo inmediato.

En la literatura de proyecciones univariadas de series de tiempo el trabajo de Box & Jenkins marcó un hito a finales de los 60, que culminó con la publicación de su libro (Box & Jenkins, 1970), donde definen la metodología de la identificación estimación, validación y predicción de modelos SARIMA, los que pueden aplicarse en distintos campos del conocimiento, lo que nos lleva a preguntarse: ¿Se puede crear un modelo adecuado que describa el comportamiento de la inflación en América del Norte a través de la metodología de Box-Jenkins? Y si es así, ¿Cuál es la inflación esperada en los próximos meses?

La inflación es una de las variables macroeconómicas más importantes y más analizadas por diferentes sectores de la sociedad. En torno a su evolución es posible conocer más acerca de la dinámica económica, lo cual da información trascendental para la conducción de la política monetaria. En adición, otras variables de gran importancia son afectadas por lo que ocurre con la inflación, tales como las tasas de interés, los salarios y las rentas, entre muchas otras.

El enfoque en esta investigación es enfatizar el uso de modelos que tengan sustento teórico, que puedan ser útiles para entender las causas de la inflación y para producir pronósticos razonables.

En esta investigación no se pretende realizar una comparación entre la inflación de los países aquí mencionados, más bien, lo que se busca es la explicación y aplicación de una metodología para el tratamiento de series temporales. Por lo anterior, no se profundizará en la teoría económica ni en la historia de la política económica de cada país en cuestión.

La finalidad de esta investigación no es competir con los modelos de la previsión de inflación de los bancos centrales o para evaluar el poder predictivo de modelos rivales,

sino la presentación de un esquema metodológico para el análisis de la inflación, lo anterior es relevante para este trabajo ya que se realiza una evaluación del desempeño predictivo de estos modelos.

El objetivo principal es construir modelos que tengan el mejor ajuste al comportamiento de las series de datos de la inflación de México, Estados Unidos y Canadá para generar pronósticos a través de la metodología Box & Jenkins.

Las hipótesis planteadas son:

1. La inflación de México es más complicada de predecir con exactitud que la de Estados Unidos y Canadá.
2. Saber si con la metodología Box & Jenkins se pueden construir modelos que se ajusten a los datos de la inflación en América del Norte para generar pronósticos más precisos, tomando en cuenta los criterios de las pruebas estadísticas realizadas.

Esta investigación tendrá un enfoque longitudinal, ya que trata de crear un modelo que describa de la mejor manera el comportamiento de la inflación en América del Norte a través del tiempo, así como las mejores estimaciones de esta. Debido a su enfoque cuantitativo, necesariamente se utilizará el método deductivo, que va de lo general a lo particular, donde en la presente investigación lo general es el estudio de indicadores internacionales y lo particular es la inflación, también tiene como propósito los pronósticos de la inflación en América del Norte, a corto plazo, ya que, este tipo de modelos se caracterizan por tener buenos resultados en el tiempo inmediato.

Como se encuentra estructurada esta investigación cuenta con cuatro capítulos: En el primer capítulo se presenta el marco teórico y a la inflación, en donde se menciona la definición de la inflación, los determinantes a corto y largo plazo, además de conceptos importantes, todos para ser capaz de comprender como funciona la inflación, también se mencionará de forma breve parte de los antecedentes históricos de la inflación y la política monetaria.

El objetivo del segundo capítulo es mencionar los conceptos básicos en base a los pronósticos, métodos para poder generarlos, los tipos de pronósticos y las técnicas para poder establecer los pronósticos, también se describe lo que es una serie de tiempo, sus objetivos, métodos y clasificaciones de las series de tiempo, además, se muestran los modelos de series tiempo y los modelos propuestos por la metodología Box & Jenkins, como son ARIMA, SARIMA así como sus pasos para poder construirlos.

El objetivo del capítulo tercero es mostrar la aplicación y construcción de modelos mediante la metodología Box-Jenkins para la inflación en México, Estados Unidos y Canadá. Y en el capítulo cuarto tiene como objetivo presentar los pronósticos mensuales obtenidos por los modelos propuestos obtenidos mediante la metodología Box & Jenkins. Finalmente se mencionan las conclusiones del trabajo de investigación, y se proporciona las bibliografías consultadas y los anexos.

Capítulo 1 : Marco Teórico.

*“Por segura que sea nuestra elección,
por racional que sea nuestro calculo,
nunca podemos prever todos los resultados de nuestros actos
o la eventual desviación de nuestros planes.
Jamás podemos prever con exactitud a que nos conducirá
la elección de una esposa, una profesión o una inversión financiera.
La ciencia no tiene base para responder a semejantes conjeturas,
anhelos o esperanzas.
El conocimiento no solo da saberes,
sino que también nos hace tener conciencia
de que existen acontecimientos imposibles de predecir.”
Mijaíl Málishev (2005)*

El objetivo de este capítulo es presentar el marco teórico y a la inflación, en donde se menciona la definición de la inflación, principales interpretaciones teóricas sobre la inflación, el cálculo de la inflación, los determinantes a corto y largo plazo, además de conceptos importantes, todos para ser capaz de comprender como funciona la inflación, también se mencionará de forma breve parte de los antecedentes históricos de la inflación y la política monetaria.

1.1. La inflación.

La inflación es el aumento sostenido y generalizado de los precios de los bienes y servicios de una economía a lo largo del tiempo.

Cabe señalar que el aumento de un único bien o servicio no se considera como inflación. Así mismo, para medir la inflación y ante la imposibilidad de dar seguimiento a todos los precios de la economía, se selecciona una canasta con productos representativos que consumen los hogares de una sociedad. Con base a dicha canasta y a la importancia relativa de sus productos, se calcula un indicador denominado índice de precios al consumidor cuya variación porcentual ayuda a medir la inflación. Por último, esta caracterización del comportamiento de los precios es utilizada comúnmente en la toma de decisiones tanto de política monetaria como fiscal.

“Por ejemplo, supón que vives en un país donde cada semana el precio de todos los productos sube 5 pesos y supón también que quieres ahorrar para comprar un teléfono celular. Para esto tienes que tomar en cuenta que el precio de éste aumenta 5 pesos semanalmente, es decir, cada semana que pasa necesitarás más pesos para comprar el mismo celular. En este ejemplo, el precio sube de manera sostenida, es decir cada semana, y generalizada ya que están aumentando los precios de todos los productos.” (Banco de México, 2017).

1.2 Cálculo de Inflación.

Para calcular la inflación necesitas el índice de precios al consumidor o un registro histórico de precios y una fórmula. Puedes usar una fórmula para calcular la inflación para prácticamente cualquier período de tiempo. Es un instrumento que permite calcular la Tasa de Inflación Porcentual Implícita de un Índice de Precios, en un intervalo. Las fórmulas que utiliza son las de interés compuesto.

Calcula dos tipos de tasas de inflación porcentuales: la implícita entre cualquiera de dos fechas, y la tasa de inflación porcentual promedio en un período.

Las fórmulas utilizadas son:

Notación:

t_0 = fecha inicial

t_1 = fecha final

I_{t_0} = valor del índice de precios en la fecha inicial

I_{t_1} = valor del índice de precios en la fecha final

$i(t_0, t_1)$ = tasa de inflación porcentual en el periodo (t_0, t_1) , $(t_1 > t_0)$

$\overline{i(t_0, t_1)}$ = tasa de inflación porcentual promedio en el periodo (t_0, t_1)

Formulas:

Tasa de inflación porcentual de índice de precios I en el periodo (t_0, t_1)

$$i(t_0, t_1) = \left[\frac{I_{t_1}}{I_{t_0}} - 1 \right] * 100 \quad (1.1)$$

Tasa de inflación porcentual promedio del índice de precios I en el periodo (t_0, t_1)

$$\overline{i(t_0, t_1)} = \left\{ \left[\frac{I_{t_1}}{I_{t_0}} \right]^{\left(\frac{1}{t_1 - t_0} \right)} - 1 \right\} * 100 \quad (1.2)$$

La tasa de inflación porcentual promedio $\overline{i(t_0, t_1)}$ en el periodo (t_0, t_1) , tiene la propiedad de que aplicada al índice I como una tasa de interés compuesto constante durante $(t_1 - t_0)$ periodos, generaría la misma tasa porcentual de inflación que la observada en todo el intervalo, en ese contexto es que se dice que es una tasa promedio.

La calculadora de inflación también puede proporcionar la tasa porcentual de inflación acumulada en un año para cualquier mes, fijando como fecha inicial el diciembre del año anterior, y como fecha final cualquier mes del año siguiente. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, s.f.).

1.3 Principales interpretaciones teóricas de la inflación.

En la historia del pensamiento económico no ha existido una interpretación comúnmente aceptada sobre las causas de la inflación. Mas bien se ha ido formando un cierto consenso a partir de la aparición de distintas posiciones doctrinales. Teniendo en cuenta que la inflación es un fenómeno que se puede presentar a corto y a largo plazo, se puede distinguir, en el primer caso, a las causas que provienen por el lado de la demanda, y en el largo plazo, a las que se producen por el lado de la oferta. (Mancha, Villena, Casares, González, & Peinado, 2006).

1.3.1 La inflación por la vía de la demanda.

Se denomina inflación de demanda a aquellas explicaciones orientadas a presentar el origen de la inflación en un exceso de la demanda agregada de bienes y servicios sobre su oferta agregada. Dentro de esta corriente, nos encontramos con tendencias bien diferenciadas, según el elemento causal que determina dicho proceso, lo cual determina un incremento de la producción y de los precios, podría prevenir de un incremento en el gasto autónomo, o en la oferta monetaria, dando lugar a tres grandes escuelas de pensamiento económico: la clásica, la keynesiana y la monetaria.

- La explicación clásica: le teoría cuantitativa.

Los economistas clásicos retomaron el planteamiento del francés Jean Bodin, quien fue el primero que señaló que las alzas generalizadas de precios radicaban en la abundancia de moneda, se puede decir que fue el introductor en Francia de la teoría cuantitativa del dinero, por otra parte, en Inglaterra sería David Hume quien asentó los postulados de la teoría cuantitativa, hasta llegar a Irving Fisher, siendo este quien desarrollo formalmente la teoría cuantitativa.

El análisis de la teoría cuantitativa del dinero es simple; se trata de la creencia en una causa única que actúa como desencadenante de la inflación: el aumento de la cantidad de dinero existente en el sistema económico. La política económica queda limitada, en cuanto a la consecución de la estabilidad de precios, al control monetario de la cantidad de dinero en circulación compatible con el crecimiento de la producción. (Mancha et al., 2006)

- La explicación keynesiana.

La teoría anterior prevaleció hasta la denominada crisis de 1929; hasta que aparecieron los planteamientos de John Maynard Keynes. Con el nuevo enfoque, el énfasis se trasladó desde la relación entre cantidad de dinero y flujo de renta a la relación entre el flujo de

gasto y el flujo de renta. Keynes consideraba los cambios en el stock de dinero como de importancia menor en periodos de elevado desempleo.

La teoría general de Keynes pretendía ofrecer una salida a la gran depresión, por tanto, ofrecía respuestas a una situación en la que la producción real estaba muy lejos de la situación de equilibrio que los clásicos suponían para la economía en el largo plazo, es decir, a nivel de producción potencial.

La explicación keynesiana se centra en el comportamiento de la demanda agregada de la economía, la principal fuente de los desequilibrios cíclicos, sean inflación o paro. Todo aumento de la demanda agregada por encima de las posibilidades de la capacidad productiva de la economía generara una presión inflacionaria.

La inflación cuya causa radica en un exceso de la demanda agregada y donde la política económica estabilizadora se fundamenta principalmente en la política fiscal y presupuestaria, ya que el aumento de determinados tipo impositivos podrían desacelerar el consumo y el gasto total, y una política presupuestaria mas austera podría, conseguir contener el desplazamiento de la demanda agregada y el de los precios. (Mancha et al., 2006).

- La aportación del monetarismo.

“La inflación es siempre y en todo lugar un fenómeno monetario.” Milton Friedman.

Existe una regularidad empírica contrastable entre las modificaciones entre la cantidad de dinero y el nivel general de los precios. Puesto que ningún proceso inflacionario puede permanecer sin la existencia de abundancia de dinero que permita realizar el mismo volumen de transacciones económicas a unos precios mayores.

El monetarismo es también una posición metodológica, donde el nivel de precios se analiza a través de la oferta y demanda de dinero, y donde la masa monetaria es una

variable exógena que regula la demanda global de los bienes y servicios como los precios.

Los principales puntos que se derivan para la política económica desde este enfoque monetarista pueden resumirse en los siguientes: la reducción del activismo económico que presidió la época dorada del keynesianismo; la mínima intervención estatal de la economía, ya que el sistema de economía de libre mercado es el mejor asignador de recursos, y el mantenimiento de una política monetaria basada en el control de dinero en circulación. (Mancha et al., 2006).

1.3.2 La inflación por la vía de la oferta.

La inflación por la vía de la oferta se plantea como un fenómeno provocado por alzas autónomas de los costes de producción con independencia de la demanda global o sectorial. Las causas de estos movimientos autónomos pueden venir provocados por alzas en los costes salariales, en los márgenes de beneficio, en los costes de importaciones o en la elevación de precios administrados y en los impuestos. El efecto de un stock de oferta consiste en una disminución de la producción real y un aumento simultáneo del nivel de precios.

- Las espirales inflacionarias.

La visión más difundida de cómo se genera u proceso de este tipo fue calificada por M. Kalecki como el conflicto social. Los intentos de los diversos grupos sociales para mejorar sus niveles de renta y las reacciones en cadena de los demás agentes económicos convierten al proceso distributivo en una pugna cuyo resultado es la inflación. Esta se convierte en un nuevo mecanismo de redistribución que actuaría sobre los del mercado y los del propio estado, favoreciendo a los que mantienen posiciones económicas más fuertes y perjudicando a los más débiles.

Una vez desencadenado el proceso inflacionario, la indización, aplicada no sobre la inflación del pasado sino sobre las tasas crecientes esperadas, lleva una espiral de los precios y un incremento de los costos de la producción difícil de parar.

La política económica más adecuada para combatir un proceso inflacionario de este tipo es lograr el consenso entre los distintos agentes económicos. En este sentido, si se trata de una inflación por pugnas internas.

1.4 Determinantes de corto y largo plazo de la inflación.

La inflación afecta negativamente el desarrollo económico, ya que altera el adecuado funcionamiento de los mercados, lo que a su vez interfiere en la asignación eficiente de los recursos. Por lo tanto, es oportuno conocer sus determinantes de largo y corto plazo, así como las implicaciones que estos tienen en la estabilidad de los precios. Asimismo, es importante mencionar que la distinción entre los determinantes de largo y corto plazo se encuentra en función del horizonte de tiempo que éstos tardan en impactar la inflación; de esta manera, los determinantes de corto plazo tienen un impacto sobre la inflación en periodos menores a un año, en tanto que los de largo plazo demoran más tiempo.

1.4.1 Determinantes de largo plazo de la inflación.

- Exceso de dinero.

El banco central tiene bajo su responsabilidad la cantidad de dinero que está disponible para la compra de bienes y servicios en una economía, lo que se conoce con el nombre de oferta de dinero. Por lo que, si las autoridades correspondientes crean dinero más allá de lo que el público demanda, el crecimiento de la oferta de dinero aumenta lo cual conlleva a un aumento en el nivel de precios y por lo tanto a un incremento en la inflación. Un ejemplo de lo anterior ocurrió en Alemania en los años 1922 y 1923, cuando tras terminar la primera guerra mundial en 1918, Alemania se vio obligada a pagar fuertes indemnizaciones a las naciones ganadoras lo que provocó que la República de Weimar

se financiara imprimiendo dinero sin ningún respaldo lo que causó un exceso de dinero y por lo tanto un aumento en la inflación. (Banco de México, 2017).

- Déficit fiscal.

Un déficit fiscal es el escenario en el que los gastos de un gobierno son mayores que sus ingresos. Este déficit puede ser financiado por el banco central a través de un préstamo. Para llevar a cabo esto, el banco central tendría que aumentar la base monetaria, la cual es la suma de los billetes, las monedas y el saldo de la cuenta única de los bancos. Esto traería como consecuencia un aumento en el nivel de precios. Es importante mencionar que el ejemplo del inciso anterior se debió también a un déficit fiscal, ya que el gobierno alemán al no tener los ingresos fiscales necesarios para solventar sus deudas tuvo que recurrir al banco central para solventar éstas, incrementando su base monetaria y por lo tanto la inflación. (Banco de México, 2017).

- Políticas inconsistentes.

Aunque las políticas para mantener el nivel de precios sean aparentemente correctas, también existe la posibilidad de que algunas de ellas provoquen cierta inercia sobre la inflación. Así, la indexación de algún determinante de la inflación a la inflación pasada podría generar que esta se perpetuara. Un ejemplo de lo anterior podría ocurrir si los salarios se indexaran a la inflación del año pasado, y dicha inflación fuese alta. La situación anterior generaría que los salarios también fueran altos, ya que se encuentran indexados a la inflación pasada y al ser éstos un determinante de la inflación, ésta también se incrementaría. El proceso anterior se conoce como “espiral inflacionaria”. (Banco de México, 2017).

1.4.2 Determinantes a corto plazo de la inflación.

- Contracción de la oferta agregada.

La oferta agregada es el volumen total de los bienes y servicios producidos por una economía. Entonces, cuando existe un decremento en la oferta agregada gracias al aumento de los costos asociados a los procesos productivos (por ejemplo, un aumento en el precio del petróleo) las empresas aumentan sus precios para mantener sus márgenes de ganancia. De esta forma si una empresa de autopartes va incrementando sus costos productivos debido a un aumento en el precio del petróleo ésta podría reducir su oferta y trasladar los mayores costos al consumidor; si además de lo anterior sucede en muchas otras empresas que abarcan una amplia gama de bienes y servicios, esto ocasionaría un aumento generalizado en los precios, es decir, inflación. (Banco de México, 2017)

- Incremento de la demanda agregada.

La demanda agregada es el volumen de bienes y servicios requeridos por una economía. Así que, un incremento en la demanda agregada mayor a los bienes y servicios que puede producir la economía causa un incremento en los precios, ya que hay mucho dinero detrás de pocos bienes. Lo que pasa en este caso es que muchos consumidores compran más bienes y servicios que antes, al notar este fenómeno las empresas incrementan los precios de sus productos, lo que causa inflación. (Banco de México, 2017).

- Tasa de interés.

La tasa de interés es una herramienta muy importante con la que cuenta el banco central de un país para controlar el crecimiento de dinero y por lo tanto la inflación. Para entender cómo funciona el mecanismo lo explicaremos de la siguiente forma: una mayor tasa de interés reduce la demanda agregada desincentivando la inversión y el consumo, aumentando el ahorro de las personas; de esta manera se limita la cantidad de dinero disponible en la economía, con lo que el nivel de precios disminuye. Lo contrario sucede cuando disminuye la tasa de interés; ahora las personas se ven incentivadas a consumir e invertir, ya que tener dinero en los bancos no es la mejor opción, por tal situación la

cantidad disponible en la economía se ve incrementada, lo que hace que el nivel de precios aumente. (Banco de México, 2017).

- Política de inflación creíble.

Una política creíble de un banco central debe tener como prioridad el control de la inflación y ayudar a anclar las expectativas que los ciudadanos tienen sobre la misma, esto es así, considerando una economía en la cual los precios y salarios se establecen con base en las expectativas de la inflación, es decir, en la percepción de lo que los agentes creen que va a pasar en el futuro. (Banco de México, 2017).

1.5 Deflación e hiperinflación.

La deflación es el decremento continuo y general de los precios. Las causas de este fenómeno económico pueden ser varias, pero principalmente se asocian con reducciones en la oferta de dinero en la demanda de bienes, aunque de igual forma, puede resultar una mayor producción a la requerida. Si los precios bajan, el valor real del dinero aumenta, lo cual es bueno para los consumidores. Sin embargo, si esta dinámica se extiende, puede resultar que los consumidores decidan esperar menores precios para poder gastar, disminuyendo la demanda de bienes y servicios, haciendo que los negocios bajen aún más sus precios, provocando un ciclo vicioso.

Lo anterior puede llevar a las empresas a tomar la decisión de producir menos, aumentando el desempleo. De esta manera, la deflación puede desembocar en una recesión económica, es decir, un escenario caracterizado por la disminución generalizada de la actividad económica (conjunto de acciones que tienen por objeto la producción, distribución y consumo de bienes y servicios generados para satisfacer las necesidades materiales y sociales) durante un periodo prolongado, en combinación con bajos niveles de consumo, inversión y empleo.

La hiperinflación se refiere a un aumento considerable en la tasa de inflación (por lo general de 50 por ciento o más en un mes). Este fenómeno tiene su origen en el rápido

y excesivo crecimiento de la oferta de dinero en la economía, el cual no está respaldado por una producción equivalente de bienes y servicios.

La hiperinflación provoca una fuerte disminución en el valor real de la moneda, es decir, al aumentar los precios de manera rápida, la cantidad de bienes y servicios que el dinero puede adquirir disminuye. Una vez que se inicia, el fenómeno hiperinflacionario se auto-reproduce y es muy difícil detener, pues los consumidores al saber que el valor de su dinero disminuye rápidamente con el tiempo, tratan de gastarlo lo más pronto posible, haciendo que los precios perpetúen su carrera al alza.

A lo largo de la historia, las hiperinflaciones han sido causadas cuando las autoridades monetarias imprimen más billetes de los requeridos por la economía con el fin de financiar el gasto del gobierno. A raíz de las experiencias hiperinflacionarias, surgió la necesidad de dotar a las autoridades monetarias de autonomía respecto al gobierno, para que no se vieran obligadas a financiar su gasto. (Banco de México, 2017)

1.6 Importancia de la estabilidad de precios.

La estabilidad de precios es una situación en la cual la inflación es baja, es decir, si hay estabilidad de precios entonces la inflación no es algo que se deba considerar para tomar cualquier decisión económica, como comprar, vender, invertir, ahorrar, exportar, importar, etc.

El banco central es la institución pública que debe contribuir a fomentar el bienestar de país. En México, la contribución del Banco de México al bienestar del país está establecida en la Constitución y en la propia Ley del Banco de México. En ambas normas se establece que su objetivo prioritario es procurar la estabilidad del poder adquisitivo de la moneda, es decir la estabilidad de precios.

Se sabe que la inflación es un indicador del cambio promedio de los precios de una canasta determinada. Sin embargo, en lo individual los precios de los bienes y servicios

que conforman dicha canasta pueden tener variaciones distintas, tanto positivas como negativas, lo cual implica un cambio en los precios relativos.

Un precio relativo es el resultado de dividir el precio de un bien entre el precio de otro. Por ejemplo, si el precio de las manzanas es de 30 pesos por kilo y el de las naranjas es de 10 pesos por kilo, entonces el precio relativo de las manzanas es de 3 kilos de naranja; en otras palabras, cuesta 3 kilos de naranjas comprar 1 kilo de manzanas. Ahora bien, si el precio de la naranja subiera a 15 pesos por kilo y el precio de las manzanas permaneciera igual, costaría 2 kilos de naranjas comprar 1 kilo de manzana; ello indicaría que las manzanas se abarataron en términos de naranjas, por lo que los consumidores preferirían comprar más manzanas y menos naranjas.

Es importante recordar que un cambio en el nivel general de precios (inflación) es distinto a un cambio en los precios relativos, confundirlos podría llevar a malinterpretaciones y por lo tanto a tomar decisiones erróneas. Si los precios de todos los bienes y servicios aumentaran en la misma proporción, no habría un cambio en los precios relativos. No obstante, dicha situación es poco probable en una economía de mercado en donde los precios son determinados por las leyes de la oferta y la demanda. Por esta razón, cuando el precio de cierto producto cambia, ello está emitiendo señales acerca de su escasez o disponibilidad, por lo que la variación en los precios relativos proporciona información relevante para la toma de decisiones tanto de consumidores como de productores.

Cabe mencionar que la utilidad del análisis de los precios relativos no sólo se limita al mercado de productos, sino también contribuye a que, en otros mercados, como es el caso del laboral y financiero, los recursos sean asignados hacia su uso más productivo. Por ejemplo, si el precio de la mano de obra se abarata con relación al precio del capital, resultaría oportuno para las empresas contratar más personal; por su parte, si los inversionistas observan que el precio de las acciones de la empresa A bajaron con relación a las acciones de la empresa B, les convendría adquirir más acciones de la empresa A.

De lo anterior, se deriva que el sistema de precios es fundamental para el buen funcionamiento de la economía. Sin embargo, dicho sistema pierde eficiencia en un entorno de inflación elevada; la razón es la siguiente: los precios de los distintos bienes y servicios comienzan a cambiar con mayor frecuencia, por lo que resulta más difícil al público evaluar la información proporcionada por las variaciones en los precios relativos, y, por lo tanto, tomar decisiones de consumo, producción e inversión acertadas. De ahí se desprende una de las razones por la cual es necesario que el Banco de México procure la estabilidad de precios en la economía mexicana, es decir un entorno de inflación baja y estable.

También existen problemas adicionales derivados de la incertidumbre con respecto a la inflación. Un caso podría darse en el mercado laboral, pues si los aumentos salariales se pactan con base en la inflación esperada, y esta última resulta ser más alta, los salarios en términos reales serán más bajos. Ello implica que con el salario pactado los trabajadores podrán adquirir menos bienes y servicios debido a que estos últimos resultaron ser más caros que lo planeado (ocurre una disminución en el poder adquisitivo de los individuos), por lo que su bienestar se verá reducido.

Por otro lado, en el mercado crediticio aquellas personas que piden un préstamo (prestatarios) podrían resultar beneficiados a costa de quienes les otorgan dicho préstamo (prestamistas), o viceversa, dependiendo si la inflación resulta mayor o menor a la estimada; de esta manera, si se firma un contrato a una determinada tasa de interés y la inflación resulta ser más alta que lo proyectado, los prestamistas se verán perjudicados, ya que la tasa pactada no alcanzará a compensar por la pérdida en el valor real del dinero que prestaron.

Por el contrario, la certidumbre con respecto a la inflación trae consigo múltiples beneficios, ya que facilita la planeación a largo plazo por parte de los agentes económicos. Así, los hogares pueden asignar de mejor manera sus recursos, ya que al ver que el valor real del dinero no está disminuyendo, se verán incentivados a ahorrar. Por su parte, los empresarios pueden tomar decisiones más acertadas en cuanto a la producción, el empleo y la acumulación de capital; por ejemplo, podrían incrementar su

planta laboral si detectan claramente que el precio relativo de sus productos está aumentado. Finalmente, al disminuir el riesgo en los mercados financieros, se fomenta el desarrollo de nuevos instrumentos de mediano y largo plazo, además de que se reducen las tasas de interés, promoviendo así una mayor inversión

Por lo anterior, se observa que, un banco central fomenta la asignación eficiente de recursos, contribuyendo de esta manera a que ciertas variables macroeconómicas alcancen los niveles deseados, como es el caso del empleo y la inversión, lo cual impulsa el crecimiento de la economía de un país y el bienestar de sus ciudadanos.

1.6.1 Señoreaje: el impuesto inflacionario.

La recaudación de impuestos y la emisión de bonos son las dos principales fuentes de ingreso del Estado. En adición, existe una fuente alternativa por medio de la cual el gobierno puede financiar su gasto: el señoreaje. Éste es el ingreso que el Estado obtiene a través de la creación de dinero, para lo cual es necesaria la colaboración del banco central. El término evoca a los grandes señores feudales del pasado, quienes generaban su propio dinero para adquirir todos los bienes que deseaban.

Generalmente se recurre a este recurso para financiar el déficit público, lo que se conoce como monetización de la deuda. El banco central emite moneda para comprar bonos del gobierno, y como este último no paga interés sobre su propia moneda, le resulta conveniente utilizar ese dinero para cubrir parte de su gasto.

Un banco central autónomo tiene la capacidad de decidir si monetiza o no la deuda del gobierno. En caso de hacerlo, deberá estar atento a que ello no origine presiones inflacionarias, pues existe una relación positiva entre la cantidad de dinero y la inflación.

Si el gobierno recurre al señoreaje como fuente de ingresos de manera continua y ello ocasiona un incremento en el nivel de precios, el público será quien absorba el dinero que el banco central imprima para el financiamiento del déficit público. Los individuos estarán motivados a incrementar la cantidad de dinero (saldos monetarios nominales)

que tienen en su poder con la finalidad de contrarrestar los efectos de la inflación. Lo anterior obedece a que un aumento generalizado de los precios tiene un impacto negativo sobre el poder adquisitivo del público; en otras palabras, se reduce la cantidad de bienes y servicios que las personas pueden adquirir con la misma cantidad de dinero. Así, si desean mantener su consumo previo, deberán aumentar su tenencia de saldos monetarios nominales.

Derivado de lo antes mencionado, la inflación puede ser considerada como un impuesto sobre el valor real del dinero; los individuos destinarán parte de su ingreso a mantener su patrón de consumo, en lugar de utilizarlo para comprar bienes y servicios adicionales o incluso para ahorrar. Visto desde otra perspectiva, el ingreso disponible del gobierno se está incrementando mientras que el del público está disminuyendo, tal y como sucedería si el Estado hubiera decidido aumentar los impuestos cotidianos para financiar su gasto.

1.6.2 Efectos distributivos.

La inflación es considerada uno de los impuestos más regresivos, ya que afecta más a los grupos de población de menores recursos y que por lo general tienden a mantener la mayor parte de sus ingresos en efectivo, pues disminuye el valor real del dinero (billetes y monedas).

La inflación también provoca una redistribución arbitraria de la riqueza entre acreedores y deudores, quienes pactan una tasa de interés nominal, es decir, una tasa de interés sin ajuste por inflación. Debido a que la inflación afecta el valor real de lo que se recibe o se paga, lo que determina el beneficio neto es la tasa de interés real, es decir la tasa de interés nominal menos la inflación. Por ejemplo, si la inflación esperada por el público es mayor a la tasa de interés nominal pactada entre acreedores y deudores, el deudor ganará y el acreedor perderá pues, el primero habrá obtenido dinero con un valor real superior al que devuelve. En el caso opuesto, cuando la inflación esperada resulta menor que la tasa de interés nominal pactada, el acreedor gana y el deudor pierde, pues el pago vale más en términos reales de lo que las partes habían anticipado. (Blanchard, 2004)

1.7 Medición de la inflación.

Debido al impacto que la inflación tiene en diversos ámbitos de la economía, resulta deseable y prioritario contar con una medición de la inflación lo más certera y transparente posible, lo que conlleva a superar varios retos. Si fuera posible medir la evolución de los precios de todos los bienes y servicios de la economía, se podría obtener un dato de inflación totalmente certero; sin embargo, lo anterior es sumamente difícil de hacer recurrentemente. Por tal motivo se busca acotar los bienes y servicios a dar seguimiento en sus precios, a aquellos que son representativos del consumo de las familias.

Una vez determinados dichos bienes y servicios, se obtiene la importancia relativa que cada uno de ellos tiene en el gasto de las familias, para luego combinar toda esta información con los precios y construir índices de precios, cuyas variaciones porcentuales entre periodos son consideradas como indicadores oficiales de inflación en la mayoría de los países. Uno de los retos principales de los índices de precios es el de mantener su representatividad a lo largo del tiempo, pues las economías de mercado se caracterizan por la entrada y salida de productos, así como por la innovación en la producción y en la mercadotecnia, con lo que las preferencias de los consumidores cambian frecuentemente.

1.7.1 Los índices de precios.

Los índices de precios son estadísticos que miden los cambios porcentuales o proporcionales de un conjunto de precios a lo largo del tiempo. Uno de sus usos principales es la medición de la inflación de una economía. Para el cálculo de un índice de precios se requiere definir un grupo de productos o canasta a dar seguimiento en sus precios, determinar la importancia relativa de cada componente en el total de la canasta, así como la manera más apropiada de promediar las variaciones de sus precios.

Existen diferentes tipos de índices de precios entre los que se encuentran los índices de precios al consumidor, al productor, de materias primas, de importaciones, etc. A los índices de precio se les suele asignar el valor de 100 en un periodo de referencia o

periodo base, y los valores del índice en los periodos siguientes se comparan con el periodo inicial para obtener el cambio porcentual en la inflación.

Existen varios tipos de números índice, cada uno con diferentes propiedades. Los más conocidos son los índices de Laspeyres y de Paasche. El primero mide los cambios de precios de una canasta fija de bienes y servicios y es el más comúnmente utilizado para medir inflación.

El índice de Laspeyres compara el gasto realizado para adquirir una canasta fija, permitiendo que los precios varíen entre periodos. Por el contrario, el índice de Paasche utiliza una canasta de bienes que se actualiza cada periodo, por lo que resulta menos adecuado si se requiere obtener un dato de inflación oportuno, pues implicaría sustituir la canasta en cada periodo.

Debido a que los consumidores tienden a sustituir los productos relativamente más caros por aquellos relativamente más baratos, el índice de Laspeyres tiende a sobreestimar la inflación (entendida como un costo de vida) y el de Paasche a subestimarla.

Existen dos usos principales para índices de precio al consumidor: la indexación y la deflactación de valores.

La indexación es un procedimiento mediante el cual los valores monetarios de ciertos pagos o existencias se incrementan o reducen en proporción al cambio en el valor del índice de precios. Por lo general, se aplica a flujos monetarios tales como salarios, rentas, pensiones, intereses e impuestos, pero también puede aplicarse al valor del capital de ciertos activos y pasivos monetarios.

La deflactación, por su parte, se refiere al proceso de quitar el efecto de la inflación a los valores corrientes a lo largo del tiempo con el fin de poder hacer comparaciones con valores reales.

1.8 Política monetaria.

Se debe entender lo mejor posible a que se refiere la política monetaria para poder comprender de una manera adecuada en que influye la inflación, por ello, se toma en cuenta la siguiente definición:

“La política monetaria es el conjunto de acciones que el banco de México lleva a cabo para influir sobre las tasas de interés y las expectativas inflacionarias del público, a fin de que la evolución de los precios sea con el objetivo de mantener un entorno de inflación baja y estable, el Banco de México contribuye a establecer condiciones propicias para el crecimiento económico sostenido y, por lo tanto, para la creación de empleos permanentes.” (Banco de México, 2017).

Se sabe que resulta imposible controlar directamente los precios de todos los productos y servicios de una economía, por esta razón, para poder mantener la estabilidad de precios, todos los bancos centrales definen un conjunto de metas, acciones e instrumentos.

1.9 Antecedentes y evolución de la inflación

Una arraigada tradición de la Oficina Internacional del Trabajo (OIT), organismo encargado de la cuestión de los índices de precios al consumidor dentro del sistema de las Naciones Unidas, ha sido velar por que en las normas internacionales sobre esta materia se recojan las mejores prácticas y los avances metodológicos más recientes. La primera resolución de la OIT sobre el IPC fue adoptada ya por la segunda Conferencia Internacional de Estadígrafos del Trabajo, celebrada en 1925; posteriormente, se adoptaron resoluciones revisadas en la sexta (1947), décima (1962) y decimocuarta CIET (1987).

En la época en que se adoptó la resolución de 1925, la principal finalidad del cálculo del IPC era su utilización en el ajuste de los salarios para compensar los cambios del costo de la vida. De ahí que el primer conjunto de normas se refiriera más bien al «costo de la

vida», y no a los IPC. Por cierto, los términos «índice del costo de la vida» e «índice de precios al consumidor» solían usarse indistintamente, como si se tratara de sinónimos.

Posteriormente, se estableció una diferencia entre el concepto de «índice del costo de la vida», que mide la variación del costo que implica el mantenimiento de un cierto nivel de vida, y el concepto de «índice puro de los precios», que mide las variaciones del costo que implica la adquisición de un conjunto fijo o «canasta» de bienes y servicios. Por esta razón, la décima Conferencia Internacional de Estadígrafos del Trabajo decidió en 1962 adoptar el término más general de «índice de precios al consumidor», que puede abarcar ambos conceptos.

La resolución de 1987 comprendía aspectos tan importantes como el ámbito del índice, la definición de los agregados elementales, las ponderaciones, el muestreo, los procedimientos de recogida de datos sobre precios, los problemas relativos a las sustituciones, etc. Posteriormente, en 1989, se publicó un manual metodológico con directrices sobre la aplicación práctica de las normas.

En los últimos años, se ha estado llevando a cabo a nivel internacional una intensa actividad sobre la metodología de los índices de precios, como resultado de la constitución del Grupo Internacional de Trabajo sobre Índices de Precios. Dicha entidad, más conocida como Grupo de Ottawa, se estableció en 1994 bajo los auspicios de la Comisión de Estadística de las Naciones Unidas, con el objetivo de promover una discusión técnica sobre aspectos conceptuales del IPC - en particular, la posibilidad de estimar los sesgos del IPC relacionado con factores como los cambios de calidad, la aparición de nuevos productos, etc.-, y sobre las consecuencias y ventajas -por ejemplo, para la recogida de información sobre precios - que podrían derivarse de la utilización de datos escaneados.

El informe final de la Comisión Boskin (comisión consultiva encargada del estudio del IPC de los Estados Unidos, establecida por el Comité de Finanzas del Senado de ese país en 1995) suscitó un amplio debate respecto de la cuestión de los sesgos de medición del IPC. En dicho informe se analizaban las posibles fuentes de sesgo del IPC, como, por

ejemplo, la sustitución y en particular la sustitución de puntos de venta, la variación de calidad y la aparición de nuevos productos. El informe Boskin tuvo el mérito de despertar el interés por cuestiones como la precisión y la utilidad del IPC entre personas que no se ocupan especialmente de estas materias en el marco de sus actividades profesionales.

El hecho de que el IPC pueda redundar en la sobrevaloración de la tasa de inflación ha sido objeto de una considerable atención por parte de diversos usuarios, tanto en los círculos académicos y empresariales como políticos. Entre los países que han emprendido recientemente vastos proyectos de investigación para estudiar la presencia e importancia de posibles sesgos al alza en el IPC figuran en Canadá, Reino Unido, Francia y Australia.

Otro motivo de preocupación respecto del IPC es el lugar prioritario que hoy ocupa el control de la inflación entre los objetivos de las políticas en la mayor parte de los países, a raíz de los períodos de inflación alta (e incluso de hiperinflación) que experimentaron en los últimos tres decenios del siglo XX. La disminución de las tasas de inflación registrada en muchas partes del mundo en el decenio de 1990 (en comparación con los decenios de 1970 y 1980), lejos de reducir el interés por la medición de este fenómeno, ha generado una demanda de índices de inflación más precisos y fiables. Si bien es cierto que la presencia de un error o un sesgo de uno o incluso dos puntos porcentuales tal vez no se considere importante en una tasa anual de inflación del 10 ó 20 por ciento, o incluso superior, en cambio sí resulta muy significativa cuando los valores de la tasa de inflación se sitúan en torno a sólo un 1 o un 2 por ciento. (Organización Internacional del trabajo, 2003)

Durante la década de los noventa la tasa de inflación descendió en forma significativa, con excepción de 1995, cuando se presentó una crisis económica y financiera muy profunda. En este período se observó una inflación promedio mensual de 1.51%, que es notablemente inferior a la registrada en la década anterior; además, el valor máximo registrado fue de 7.97% y el mínimo de 0.41%. La medida de sesgo fue de 2.47 y la de curtosis 11.68. Dichos estadísticos reflejan una ausencia de normalidad en la información; de hecho, el estadístico Jarque-Bera fue 498.55 con un valor p igual a cero.

A partir de la adopción del régimen de libre flotación cambiaria, como consecuencia de la crisis de la balanza de pagos de 1994-1995, el tipo de cambio dejó de funcionar como el instrumento de la política que coordinaba las expectativas de la inflación alrededor de los objetivos de la autoridad. En estas circunstancias, la política monetaria asumió ese papel que, en términos técnicos, se conoce como ancla nominal de la economía.

La política monetaria del Banco de México se ha modificado varias veces con el propósito de hacerla más efectiva y transparente, esto ha tenido como consecuencia una evolución gradual hacia un esquema de política monetaria conocido como objetivos de inflación. Dicho esquema se utilizó por primera vez en Nueva Zelanda y ahora es muy común en países tanto desarrollado como emergentes.

Entre los estudios que consideran modelos univariados simples como marcos de referencia predictivos de inflación destacamos al estudio de Atkeson y Ohanian (2001) (AO) para el caso de los Estados Unidos. Ellos muestran que para el periodo 1984-2001, un simple modelo univariado basado en la inflación pasada promedio vence a modelos económicos relativamente más complejos basados en curvas de Phillips. Este hallazgo significa un desafío a los posteriores intentos de proyectar inflación: los nuevos modelos deben ser capaces de vencer al menos a un simple proceso de paseo aleatorio, en el cual la inflación proyectada en un periodo es igual a la del periodo anterior.

En Estados Unidos la mayor tasa de inflación que se ha presentado fue en la década de los noventa, para ser más precisos, en noviembre de 1990 y fue de 6.41%. Como ya se sabe, es un país desarrollado, lo que habla del gran trabajo en cuanto a su política monetaria, ya que, al observar su media que es de 2.7% y su desviación típica de 1.3%, se puede asegurar que mantiene una estabilidad en la inflación, incluso EUA ha llegado a tener inflación negativa, como resultado de la crisis en 2008 y recientes cambios en su política monetaria.

En Canadá su máxima inflación fue de 8.25% y se presentó en enero de 1983, en este país la inflación también ha sido bastante constante como lo indica su desviación típica

que es 1.6% y su media 2.5%, lo que nos hace creer que, al igual que en EUA, su inflación futura no tendrá una variación muy grande.

Al analizar los antecedentes de la inflación en México, Estados Unidos y Canadá se observa que la implementación de una política monetaria incorrecta trae como consecuencia inflación.

Con base en lo mencionado en este capítulo, se puede comprender lo esencial de la inflación. Ahora se continua con el Capítulo 2: Pronósticos y Series de Tiempo.

Capítulo 2 : Pronósticos y Series de Tiempo.

El objetivo del segundo capítulo es mencionar los conceptos básicos en base a los pronósticos, métodos para poder generarlos, los tipos de pronósticos y las técnicas para poder establecer los pronósticos, también se describe lo que es una serie de tiempo, sus objetivos, métodos y clasificaciones de las series de tiempo, además, se muestran los modelos de series tiempo y los modelos propuestos por la metodología Box & Jenkins, como son ARIMA, SARIMA así como sus pasos para poder construirlos.

2.1 Los pronósticos.

Las predicciones de los hechos y condiciones futuros se llaman pronósticos, y el acto de hacer tales predicciones se denomina pronosticar (Bowerman, O'Connell, & Koehler, 2007, p.2). Entonces el pronóstico es la predicción de la probabilidad de ocurrencia de un evento.

Los pronósticos son muy importantes para las empresas, gobiernos, inversionistas y analistas económicos, ya que las predicciones de los hechos futuros pueden servir a estas para la toma de decisiones en diversas situaciones ya sea dentro de la empresa ya sea en su fase de operaciones ventas, gastos entre otras cosas o decisiones dentro gobierno como el desempleo inflación calidad del aire etc.

Al predecir situaciones que ocurrirán en el futuro, quien realiza el pronóstico debe confiar en los datos del pasado y con estos datos realizar un análisis y basar la predicción en dicho análisis.

2.2 Métodos para establecer pronósticos.

Existen diversos métodos para realizar pronósticos, esos métodos se dividen en dos tipos: métodos cualitativos para establecer pronósticos y los métodos cuantitativos para establecer pronósticos.

2.2.1 Métodos cualitativos para establecer pronósticos.

En los métodos cualitativos se usa la opinión de expertos para establecer pronósticos para predecir en forma subjetiva hechos futuros (Bowerman, O'Connell, & Koehler, 2007, pág. 8).

Dichos métodos se requieren cuando los datos históricos no están disponibles o son muy pocos. Un ejemplo sería la introducción de un nuevo producto no existen datos anteriores a él, para el pronóstico de ventas necesitaran confiar en la predicción de los expertos para los resultados de este.

A continuación, se presentarán tres técnicas de las más comunes para establecer un pronóstico por métodos cualitativos.

- La primer técnica sería ajuste de curva subjetivo.

Para poder entender esta técnica que una empresa tendrá un producto nuevo y el producto tiene un ciclo de vida que se podría dividir en tres partes que serían crecimiento, madurez y declinación. Durante la etapa del crecimiento es donde se aplicaría un ajuste de curva subjetivo y uno de los problemas más grandes al aplicar esta técnica es saber la forma de curva que se usara, la construcción de la curva es difícil y de gran experiencia y criterio, entre las curvas que más se utilizan serian la S, exponencial, logarítmicas entre otras.

- La segunda técnica se llama método Delphi.

Esta técnica fue creada por la RAND Corporation, un equipo de expertos plantea predicciones relacionadas con una cuestión específica. En el método Delphi se supone que el equipo de elementos son expertos reconocidos en el campo de interés, y que con el conocimiento combinado de los miembros hará predicciones buenas como las que generarían cualquiera de sus miembros.

Mediante el método Delphi se hacen pequeñas discusiones en las que solo uno o un pequeño grupo dirige así mismo distintas clases de presión social influyen en sus decisiones. Mediante el método Delphi se pretenden evitar problemas manteniendo a los miembros del equipo separados físicamente.

A cada participante se le pide que conteste un cuestionario y lo devuelva al jefe de equipo, posteriormente del primer cuestionario ha sido contestado y entregado en los siguientes van acompañados de información de la opinión del grupo. Se espera que después de varias rondas se llegue al consenso para generar un pronóstico. El método Delphi no requiere que se llegue a un consenso y permite diferencias justificadas de opinión y no intentos de lograr que todos estén conformes.

- Una tercer técnica sería comparaciones técnicas independientes del tiempo.

Este método se utiliza para predecir cambios técnicos, los cambios en un área se predicen mediante el monitoreo de cambios que tiene lugar en un área distinta. Quien elabora el pronóstico trata de determinar un patrón de cambio en área llamada tendencia primaria, que dará como resultado un adelanto en alguna otra área, según el que hace los pronósticos.

Las técnicas cualitativas para hacer pronósticos que se mencionaron como lo son ajuste de curva subjetivo, método Delphi y las comparaciones técnicas independientes del tiempo son algunos de los métodos de producción subjetivos y con frecuencia los llaman como los métodos de pronósticos que requieren de una opinión.

2.2.2 Métodos cuantitativos para establecer pronósticos

Estas técnicas requieren un análisis de información anterior para pronosticar valores futuros de una variable de interés (Bowerman, O'Connell, & Koehler, 2007, pág. 11).

Los modelos cuantitativos para establecer pronósticos pueden ser de dos tipos que son:

- Modelos univariado
- Modelos causales

Un modelo univariable predice los valores futuros de una serie de tiempo con base sólo en los valores anteriores de la misma serie de tiempo (Bowerman, O'Connell, & Koehler, 2007, pág. 11).

Cuando se utiliza este modelo los datos anteriores se analizan con el fin de encontrar algún patrón para después saber si este comportamiento continuara en el futuro para poder generar las predicciones.

Este modelo univariable son muy útiles cuando se espera que las condiciones sean las mismas y no son tan útiles cuando existe algún impacto o cambio que se generen en el tiempo ya no estarían siguiendo la misma línea.

Un modelo causal para establecer pronósticos en este modelo se deben identificar otras variables que se relacionan con la variable que se desea predecir. Una vez que se sabe estas variables que se relacionan se desarrolla un modelo estadístico que describe la relación entre estas variables y la variable a pronosticar (Bowerman, O'Connell, & Koehler, 2007, pág. 11).

Un ejemplo podría ser la producción de algún producto sería costos de hacerlo, ventas, costo competencia entre otras cosas en este caso la producción sería la variable dependiente y las otras variables serían las independientes.

2.3 Tipos de pronósticos

Los tipos más comunes de pronósticos son: el pronóstico puntual y el pronóstico del intervalo de predicción.

El pronóstico puntual es aquel pronóstico puntual en el que solo un número representa la mejor predicción o conjetura del valor real de la variable en la cual se está pronosticando.

El pronóstico del intervalo de predicción es un conjunto de números que se calcula de modo que se tiene la confianza (por ejemplo, del 95% de confianza) de que el valor real estará contenido dentro de este intervalo (Bowerman, O'Connell, & Koehler, 2007, pág. 13).

2.4 Selección de una técnica para establecer pronósticos

Para elaborar el pronóstico se deben considerar los siguientes factores:

- El periodo
- El patrón de los datos
- Costos del pronóstico
- La exactitud deseada
- La disponibilidad de la información
- La forma de operar y entender

El primer factor por considerar en el pronóstico sería el periodo de tiempo, la duración del periodo se clasifica de la siguiente forma:

- Inmediato: menos de un mes
- Corto plazo: uno a doce meses
- Mediano plazo: más de doce meses a menos de dos años
- Largo plazo: dos o más años

La duración del periodo influye en la elección de la técnica de predicción. Un periodo más largo hace que los pronósticos cuantitativos sean menos efectivos, y las técnicas cualitativas se vuelven más útiles a medida que el periodo de tiempo es mayor grande.

El patrón de los datos se debe analizar también cuando se elige un modelo de pronósticos, los componentes (tendencia, ciclo) ayudara a determinar el modelo.

Al desarrollar un pronóstico generan costos, por lo cual se deben considerar el costo de desarrollar el modelo y desarrollarlo conlleva seguir una serie de procedimientos y dependiendo la facilidad o dificultad de realizar sería una parte crucial en los costos finales en el pronóstico ya que a mayor dificultad también serán mayores los costos de poder realizarlo.

Otro factor importante al elegir el modelo de predicción es la exactitud que se desea del pronóstico, ya que un pronóstico con un error del 10% al 15% podría ser aceptable en algunos casos y otras un pronóstico mayor al 5% podría ser muy malo la exactitud siempre será un factor importante dependiendo de lo que se trate de pronosticar.

La disponibilidad de la información podría ser un factor crucial a la hora de elegir un modelo ya que dependiendo de esta sirve para elegir ya sea un método cuantitativo o un método cualitativo ya que la información es determinante si se tiene la información necesaria para cada uno de los modelos, además debe de examinarse la exactitud y la puntualidad de los datos con los que se cuentan ya que de ser datos inexactos u obsoletos generaría predicciones inexactas.

Como último se tiene que saber la facilidad con la que el método funcione y se entienda es importante, ya que para el responsable de las tomas de decisiones deben de apoyarse de las predicciones para poder decidir que hacen y no tendrá confianza en las predicciones si no entiende la técnica no usara las predicciones en el proceso de toma de decisiones, por eso es de vital importancia su facilidad de operar y entender.

2.5 Técnicas cuantitativas para establecer pronósticos

Entre las técnicas cuantitativas de los pronósticos más comunes y usadas son:

- Regresión de series de tiempo temporales
- Modelos de descomposición
- Método de suavización exponencial
- Metodología Box-Jenkins

Las regresiones de series de tiempo temporales en estos modelos los relacionan la variable dependiente y_t con funciones de tiempo. Los usos de estos modelos representan grandes ventajas cuando los parámetros que describen las series temporales que se desean pronosticar son constantes con el tiempo. Por ejemplo, es que, si la serie temporal se puede describir usando parámetros estacionales mensuales, entonces los parámetros estacionales para cada uno de los doce meses son iguales de un año al otro.

Modelos de descomposición en estos modelos descomponen una serie de tiempo en los componentes de tendencia, variación estándar y el irregular (error). Estimaciones de estos componentes se utilizan para describir y predecir la serie de tiempo. Al igual que con la regresión de la serie de tiempo, los métodos de descomposición asumen que los componentes que describen la serie son constantes en el tiempo.

El método de suavización exponencial es un método para hacer pronósticos que tasa las observaciones recientes con más peso que las observaciones remotas. Antes, los modelos de suavización exponencial no se basan en modelos estadísticos, pero un trabajo reciente (Ord, Koehler y Snyder,1997) proporciono sólidas bases estadísticas para los métodos de suavización exponencial.

La metodología Box-Jenkins se mencionará más adelante ya que se tratará con más profundidad que los métodos anteriores.

2.6 Definición de serie de tiempo

Una serie de tiempo o cronológica se define como la evolución de una variable a lo largo del tiempo, es decir, es una secuencia ordenada de observaciones en la cual, se ordenan con base al tiempo.

También se entiende por serie de tiempo (series temporales) entendemos como los datos estadísticos que se recopilan, observan o registran en intervalos de tiempo (mensual, semestral, anual, entre otros). El término serie de tiempo se aplica por ejemplo a datos

registrados en forma periódica que muestran, por mencionar algunas serian como el valor trimestral del PIB, valor mensuales o anuales de la inflación entre muchas otras.

Para entender la definición de series de tiempo es necesario definir a un proceso estocástico el cual es:

Conjunto de variables aleatorias que dependen de un parámetro o argumento. En el análisis de series temporales, este parámetro es el tiempo. (Aznar & Trivez, 1993, pág. 1)

De acuerdo con lo anterior, una serie de tiempo es la sucesión de observaciones generadas por un proceso estocástico, cuyo conjunto índice se toma en relación con el tiempo. Por lo tanto, la inferencia que se realiza será a cerca de las características del proceso estocástico generador de la serie observada. (Guerrero Guzmán, 2009, pág. 5)

2.7 Objetivos de una serie de tiempo

Los objetivos que se persiguen con el estudio de las series de tiempo serían las siguientes:

- Obtener una mejor descripción del fenómeno generado de la serie de tiempo.
- Construir un modelo que aproxime de la mejor forma posible el comportamiento de la serie de tiempo.
- Predecir valores desconocidos (en el futuro o en el pasado), de la serie a partir de la información que se tiene disponible.
- Controlar el proceso generador de la serie, examinando que puede ocurrir cuando se alteran algunos parámetros del modelo o estableciendo políticas de intervención cuando el proceso se desvíe de un objetivo preestablecido más de una cantidad determinada.

2.8 Clasificación de series de tiempo

Así como existen procesos estocásticos discretos y continuos, de igual manera existen series de tiempo discretas y continuas.

Una serie de tiempo se dice que es continua, cuando las observaciones se realizan progresivamente en el tiempo, este término se usa para las series de este tipo aun cuando la variable de mención solo puede tomar valores de un conjunto discreto. Y se dice que una serie discreta, cuando las observaciones de una serie sean tomadas solamente en momentos específicos, usualmente en intervalos de tiempo iguales, aunque la variable de mención sea continua. (Chatfield, 2004, pág. 5)

2.9 Métodos de series de tiempo

Podemos distinguir diferentes métodos en el análisis de series de tiempo entre los más destacados serian:

Métodos tradicionales: se basan en la descomposición de la serie en componentes que se conjugan de acuerdo con alguna función (generalmente sumadas o multiplicadas, esquema aditivo o multiplicativo). También se consideran como técnicas clásicas las de aislamiento exponencial, donde el objetivo es predecir el valor de la forma sencilla.

Métodos basados en modelos de procesos estocásticos (metodología de Box-Jenkins): se fundamenta en ajustar un modelo a los datos seleccionando de entre aquellos de una cierta familia. La predicción en este caso se realiza suponiendo que la estructura del modelo permanece invariante en el tiempo, es decir, en el futuro, el modelo sigue siendo adecuado para modelizar la serie.

Métodos univariantes y métodos multivariantes: estos atienden a la dimensión de la magnitud en estudio. En este sentido también tiene interés el estudio de causalidad entre las variables y los modelos matriciales, extensión de los univariantes.

Análisis en el dominio del tiempo y análisis en el dominio de las frecuencias: explotan las características fundamentalmente de correlación y densidad espectral.

Aunque existe una relación entre ellas, ambas ponen de manifiesto características complementarias en el análisis de la serie.

2.10 Técnicas descriptivas simples de series de tiempo

En esta sección se presentarán métodos para técnicas inferenciales muy sofisticadas hasta muy sencillos que serán las principales propiedades de las series de tiempo dadas. Los métodos deben probarse antes de intentar procedimientos de un mayor grado de dificultad ya que pueden ayudar a reducir y eliminar los datos para generar ideas sobre un modelo adecuado.

2.10.1 Componentes de las series de tiempo

Los métodos de análisis de series de tiempo se refieren principalmente a la variación de los componentes de una serie, dichos componentes son: tendencia, estacionalidad, ciclo.

2.10.1.1 Tendencias

Se entendería como tendencia cuando una serie de datos tienden a tener una conducta ya sea creciente o decreciente dentro de un intervalo en el tiempo.

Las tendencias, ya sean deterministas o estocásticas, deben considerarse para extraer, ajustar y predecir. Una tendencia determinista puede derivarse de una definición que prescribe una fórmula bien definida para aumentar o disminuir en función del tiempo, como el interés contractual. El costo de un préstamo a 3 años puede aumentar por acuerdo a un simple 2% por año. El interés del préstamo por acuerdo es de 0.02% por año. La cantidad de interés en efecto se determina mediante un acuerdo sobre una fórmula y, por lo tanto, determinista. Un ejemplo de una tendencia histórica no lineal

estocástica es el crecimiento después de 1977 en el número de incidentes terroristas internacionales hasta que se alcanzó un máximo en 1987, después de lo cual este número disminuyó. (Yaffee & McGee, s.f, pág. 46)

2.10.1.2 Estacionalidad

Cuando la serie se caracteriza por una sustancial variación anual regular, se debe controlar la estacionalidad y la tendencia para predecir. La estacionalidad, los cambios anuales periódicos en la serie, pueden seguir los cambios anuales en el clima, como la temperatura, la humedad o la precipitación. Los cambios estacionales brindan tiempos óptimos en el ciclo de cultivo para convertir el suelo, fertilizar, plantar y cosechar. (Yaffee & McGee, s.f, pág. 50)

Otro ejemplo de tendencia en la actualidad sería las ventas en una tienda departamental aumentan año con año en los meses de diciembre debido a los regalos y compras para las fiestas de navidad y año nuevo como también el aumento del ingreso de las personas por parte de los aguinaldos.

2.10.1.3 Ciclo

Además de efectos estacionales, algunas series de tiempo exhiben variaciones en un periodo fijo debido a alguna otra causa física. Además, algunas series temporales exhiben oscilaciones, que no tienen un periodo fijo pero que son predecibles hasta cierto punto. Por ejemplo, a veces se piensa que los datos económicos se ven afectados por ciclos económicos con un periodo que varía aproximadamente 3 o 4 años a más de 10 años dependiendo de la variable medida. (Chatfield, 2004, pág. 12)

2.10.2 Series de tiempo estacionarias

En términos generales, se dice que una serie de tiempo es estacionaria si no hay un cambio sistemático en la medida (ninguna tendencia) si no hay un cambio sistemático en

la varianza y si se han eliminado variaciones estrictamente periódicas. En otras palabras, las propiedades de una sección de los datos son muy similares a las de cualquier otra sección.

2.10.3 El gráfico de tiempo

Este gráfico de tiempo mostrará características importantes de la serie como tendencia, valores atípicos y discontinuidades. El gráfico es vital tanto para describir los datos como para ayudar a formular un modelo sensible. La elección de las escalas, el tamaño de la intersección y la forma en que se trazan los puntos puede afectar la apariencia del gráfico por lo que al analizarlo se debe tener cuidado y buen juicio. Además, se deben seguir las reglas para dibujar los gráficos indicar su medición y los ejes se deben etiquetar correctamente.

2.10.4 Test de raíces unitarias.

- Test de Dickey-Fuller de las raíces unitarias.

El contraste de Dickey-Fuller (DF) parte de que el proceso generador de la serie es:

$$X_t = \rho X_{t-1} + u_t \quad (2.1)$$

$$X_0 = 0 \quad u_t \rightarrow Niid(0, \sigma_u^2) \quad (2.2)$$

Para verificar la hipótesis nula de que X_t no es estacionario, basta con verificar que $\rho = 1$ frente a la hipótesis alternativa de que ρ es diferente de 1. En efecto, si $\rho = 1$ X_t resulta ser un paseo aleatorio (es el ejemplo más sencillo de proceso no estacionario) pudiéndose escribir:

$$X_t = X_{t-1} + u_t \Leftrightarrow X_t - X_{t-1} = u_t \Leftrightarrow (1 - L)X_t = u_t \quad (2.3)$$

Donde L es el operador de retardos. Obsérvese que el polinomio en L tiene una raíz unitaria, lo que justifica el nombre genérico de este tipo de contrastes.

Si se está interesado en contrastar la hipótesis $H_0: p = p_0$ para $|p_0| < 1$, las tablas de los valores críticos para el estadístico de contraste de dicha raíz unitaria han sido tabulados por Dickey (1976) y recogidas por Fuller (1976). Los valores críticos de estas tablas corresponden a tres posibles modelos estimados:

$$X_t = \rho_a X_{t-1} + u_t \quad (2.4)$$

$$X_t = \mu_b + \rho_b X_{t-1} + u_t \quad (2.5)$$

$$X_t = \mu_c + \gamma_c t + \rho_c X_{t-1} + u_t \quad (2.6)$$

Que son respectivamente, el modelo sin constante, el modelo con constante y el modelo con constante y tendencia. La hipótesis nula en cada modelo es $p = 1$, es decir que el proceso es no estacionario. La elección del tipo de modelo de ajuste depende de la información que se tenga del proceso generador de datos. Se supone que u_t es ruido blanco (proceso estacionario más sencillo).

El contraste DF se corrigió con el contraste ADF sobre la existencia de una raíz unitaria, denominado Dickey-Fuller aumentado, en el que se parte de la hipótesis más general consiste en que X_t sigue un proceso AR(p), es decir:

$$X_t = \sum_{i=1}^p \rho_i X_{t-i} + u_t \quad u_t \rightarrow Niid(0, \sigma_u^2) \quad (2.7)$$

Que puede escribirse como:

$$X_t = \rho X_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \gamma_i \Delta X_{t-i} + u_t \quad (2.8)$$

El contraste ADF se basa en la estimación mínimo-cuadrática del coeficiente ρ en este último modelo, que también puede ampliarse con una constante o una tendencia o ambas. (Pérez, 2006).

- Test de Phillips-Perron de las raíces unitarias.

Los contrastes de Phillips-Perron extienden los contrastes de Dickey-Fuller para permitir autocorrelación en las perturbaciones, con lo cual son contrastes más generales, pudiéndose considerar los contrastes Dickey-Fuller como un caso particular suyo. En Phillips-Perron se supone que el proceso generador de datos es del mismo tipo que en ADF, pero el proceso u_t no es necesariamente ruido blanco. Concretamente, las condiciones que satisfacen u_t son:

$$E[u_t] = 0 \quad \forall t \quad (2.9)$$

$$\sup_t E|u_t|^{2\beta} < \infty \quad \text{para } \beta > 2 \quad (2.10)$$

$$\begin{aligned} T \rightarrow \infty \Rightarrow \sigma^2 = \lim E[T^{-1} S_T^2] \text{ existe y } \sigma^2 > 0 \text{ con } S_t \\ = u_1 + \dots + u_t \end{aligned} \quad (2.11)$$

$$u_t \text{ tiene coeficientes } \alpha_m \text{ que satisfacen } \sum_{m=1}^{\infty} \alpha_m^{1-2/\beta} < \infty \quad (2.12)$$

Estas condiciones son bastante generales, pues permiten, por ejemplo, que u_t sea un ARMA o un proceso con heteroscedasticidad. (Pérez, 2006)

2.10.5 Transformaciones

Después de realizar los gráficos pueden sugerir que es necesario transformarlos por ejemplo tomando raíces o logaritmos. Las principales razones para realizar una transformación serían las siguientes:

- i) Estabilizar la varianza: si hay una tendencia en la serie y la varianza parece aumentar con la media, puede ser recomendable transformar los datos. Si la desviación estándar es directamente proporcional a la media, se indica una transformación logarítmica. Pero si la varianza cambia a través del tiempo sin que exista una tendencia, entonces una transformación no ayudara. Entonces se debe considerar un modelo que permita cambiar la varianza.
- ii) Para hacer el efecto estacional aditivo: si hay una tendencia en la serie y el tamaño del efecto estacional parece aumentar con la media, entonces puede ser aconsejable transformar los datos para hacer que el efecto estacional sea constante de un año a otro. El efecto estacional se dice que es aditivo. En particular, si el tamaño del efecto estacional es directamente proporcional a la media, entonces se dice que el efecto estacional es multiplicativo y una transformación logarítmica es apropiada para hacer el efecto aditivo.
- iii) Para hacer que los datos se distribuyan normalmente: la construcción y predicción de modelos generalmente se llevan a cabo suponiendo que los datos se distribuyen normalmente. En la práctica, este no es necesariamente el caso; puede haber, por ejemplo, evidencia de sesgo en el sentido de que tienden a haber picos en el gráfico de tiempo que están todos en la misma dirección (arriba o abajo). Este efecto puede ser difícil de eliminar con una transformación y puede ser necesario modelar los datos usando una distribución de error diferente.

Las transformaciones logarítmicas y raíz cuadrada son casos especiales de una clase general de transformaciones llamada transformación Box-Cox. Dada una serie de tiempo observada $\{x_t\}$ y un parámetro de transformaciones λ , la serie transformada está dada por:

$$\gamma_t = \begin{cases} ((x_t^\lambda - 1) / \lambda) & \text{si } \lambda \neq 0 \\ \ln(x_t) & \text{si } \lambda = 0 \end{cases} \quad (2.13)$$

2.11 Operadores de diferencia y retraso

2.11.1 Operador de retraso

El operador de retraso se denotará por la letra B (del inglés backward), dicho operador se define mediante la relación

$$BX_t = X_{t-1} \quad \text{para toda } t \quad (2.14)$$

Así que en general, la expresión a la que se llega es

$$B^k X_t = X_{t-k} \quad \text{para } k = 0, 1, 2, \dots \text{ y toda } t. \quad (2.15)$$

Entonces la serie que originalmente consta de N observaciones se reducirá a una serie de solamente N – k por el solo hecho de aplicar B^k . (Guerrero Guzmán, 2009)

2.11.2 Operador diferencia

El operador diferencia está íntimamente ligado con B, ya que se utiliza para expresar relaciones del tipo $Y = X_t - X_{t-1}$, donde si X_t es una variable de saldo, entonces Y_t será la variable de flujo correspondiente, es decir, se define a ∇ como:

$$\nabla X_t = X_t - X_{t-1} \quad \text{para toda } t \quad (2.16)$$

Por lo tanto, se tiene que:

$$Y_t = \nabla X_t \quad (2.17)$$

La relación que liga el decremento con B es la siguiente:

$$\nabla = 1 - B \quad \Rightarrow \quad \nabla X_t = (1 - B) X_t \quad (2.18)$$

En algunas series de tiempo será más conveniente utilizar el operador incremento definido por:

$$\Delta X_t = X_{t-1} - X_t \quad (2.19)$$

De acuerdo con la relación $\nabla X_t = \Delta X_{t-1}$ que asocia estrechamente los operadores de incremento y diferencia, se piensa que no existe riesgo al emplear ∇X_t , y a la vez se mantiene el concepto de variable retrasada.

El propósito de tomar diferencias es volver estacionario el nivel de una serie, pero debe recordarse que si se toman diferencias de series que ya son estacionarias, estas seguirán siendo estacionarias, lo cual significa que fácilmente podría sobre diferenciarse una serie al tratar de volverla estacionaria. (Guerrero Guzmán, 2009)

2.12 Autocorrelación

Para saber si existe la presencia de autocorrelación se puede utilizar métodos gráficos y contrastes de hipótesis. A través de los contrastes gráficos se intuirá si existe autocorrelación cuando existan comportamientos sistémicos para los residuos.

Los contrastes de hipótesis, por su parte, permiten, a través de una regla de decisión, considerar si con los datos de la muestra y con un nivel de significancia (α) concreto se debe o no rechazar la hipótesis nula.

Todos los contrastes numéricos de autocorrelación se plantean con idénticas hipótesis; así, podemos señalar la forma general del contraste es:

$$\begin{cases} H_0: \text{No existe autorrelación} \\ H_1: \text{Existe autocorrelación} \end{cases}$$

En la hipótesis nula se considera el término de perturbación correspondiente a cualquier otra observación.

En la hipótesis alternativa se señala que el término de error de un modelo econométrico está autocorrelacionado a través del tiempo.

2.13 Modelos Autorregresivos (AR), Modelos de Promedios Móviles (MA) y Modelos autorregresivos y promedios móviles (ARMA).

2.13.1 Modelos Autorregresivos (AR).

El término autorregresivo (AR) que se le da al proceso representado por:

$$\phi(B)\check{Z}_t = a_t, \quad \text{con } \check{Z}_t = (Z_t - \mu) \quad (2.20)$$

se refiere al hecho de que también puede expresarse como:

$$Z_t = (1 - \phi_1 - \dots - \phi_p)\mu + \phi_1 Z_{t-1} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t \quad (2.21)$$

Esta ecuación tiene la característica especial de que el valor de la variable dependiente Z en el periodo t depende, no de los valores de cierto conjunto de variables independientes, si no de sus propios valores en periodos anteriores a t y ponderados de acuerdo con los coeficientes autorregresivos ϕ_1, \dots, ϕ_p .

Un proceso AR será estacionario o no estacionario, dependiendo de los valores que tomen las raíces de la ecuación característica

$$\phi(x)=0 \quad (2.22)$$

la cual rige el comportamiento del proceso autorregresivo.

El proceso AR definido por $\phi(B) = (1 - g_1 B), \dots, (1 - g_p B)$ será estacionario siempre y cuando:

$$|g_i| < 1 \text{ para toda } i = 1, 2, \dots, p, \quad (2.23)$$

O, dicho de otra manera, si y solo si las raíces de $\phi(x)=0$, que son $g_1^{-1}, \dots, g_p^{-1}$, se encuentra fuera del círculo unitario.

Como caso general de un proceso autorregresivo, se procede ahora a considerar el proceso AR(p) que se describe mediante la siguiente ecuación:

$$\check{Z}_t = \phi_1 \check{Z}_{t-1} + \phi_p \check{Z}_{t-p} + a_t \quad (2.24)$$

Un proceso AR(p) será estacionario si y solo si las raíces de la ecuación característica

$$1 - \theta_1 x - \theta_2 x^2 - \dots - \theta_p x^p = 0 \quad (2.25)$$

Se encuentra fuera del círculo unitario.

(Guerrero Guzmán, 2009)

2.13.2 Modelos de Promedios Móviles (MA)

Los modelos de promedios móviles fueron introducidos por Yule (1926) y Slutsky (1927); la idea de estos modelos consiste en representar a un proceso estocástico $\{Z_t\}$, cuyos valores pueden ser dependientes unos de otros, como una suma finita ponderada de choques aleatorios independientes $\{a_t\}$, o sea

$$\check{Z}_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) a_t = \theta(B) a_t \quad (2.26)$$

En donde $\{\check{Z}_t\}$ representa a las desviaciones de $\{Z_t\}$ respecto a su nivel medio μ y $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ son las ponderaciones (parámetros de promedios móviles) asociados con los choques aleatorios en los periodos $t - 1, t - 2, \dots, t - q$, respectivamente.

Obsérvese que el modelo de \check{Z}_t su suma $\sum_{i=1}^q |\theta_i|$, al considerar a un número finito de sumandos, es una constante finita (a menos que algún θ_i fuese infinito, pero esto implicaría que \check{Z}_t es infinito), por consiguiente, todo proceso MA es estacionario.

En general, un proceso estocástico se dirá que sigue un esquema de promedios móviles de orden $q > 1$ si se le puede representar mediante

$$\check{Z}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (2.27)$$

Con $\check{Z}_t = Z_t - \mu$, en donde μ es el nivel del proceso, $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ son los parámetros de promedios móviles y $\{a_t\}$ es un proceso de ruido blanco con media cero y varianza constante σ_a^2 . (Guerrero Guzmán, 2009)

Ruido blanco: Dada una serie $X_t, t = 1, \dots, T$, estacionaria, se dice que esta serie es ruido blanco si:

- Su media es cero
- Su varianza es constante
- La autocovarianza entre X_t y la serie X_{t+k} ($k = 0, 1, 2, \dots, h; h < T$) es cero

2.13.3 Modelos autorregresivos y promedios móviles (ARMA)

Una generalización de los modelos AR y MA consiste en combinar ambas clases de modelos para obtener lo que se conoce como ARMA, los cuales fueron estudiados por Wold (1938) y Bartlett (1946). El proceso ARMA(p,q) se presenta mediante

$$\phi(B)\check{Z}_t = \theta(B)a_t \quad (2.28)$$

en donde $\phi(B)$ y $\theta(B)$ son polinomios de retraso de orden p y q respectivamente, $\{a_t\}$ es un proceso de ruido blanco y \check{Z}_t es la serie de desviaciones de la variable Z_t respecto a su nivel μ . (Guerrero Guzmán, 2009)

2.14 Modelos de series de tiempo propuestos por la metodología Box-Jenkins

2.14.1 Modelos Autorregresivos y Promedios Móviles Integrados (ARIMA) y Modelos Autorregresivos y Promedios Móviles Integrados con componente cíclico (SARIMA)

Los modelos ARIMA, SARIMA son de los modelos de predicción basados en series temporales.

La metodología seguida por Box-Jenkins consta de las siguientes cuatro etapas:

- 1) Identificación: consiste en elegir uno o más modelos ARIMA, SARIMA como candidatos que pueden representar adecuadamente el comportamiento de la serie. En esta etapa deben determinarse las transformaciones necesarias para conseguir estacionalidad, contraste de inclusión de un término de tendencia determinística y elegir los órdenes p y q para cada uno de los modelos competitivos.
- 2) Estimación: consiste en estimar los parámetros de cada uno de los modelos identificados anteriormente.
- 3) Validación: tratar de determinar si los modelos identificados y estimados son adecuados para representar los datos. Las deficiencias encontradas en esta etapa puede utilizarse como información para revisar los modelos.
- 4) Predicción: los modelos que resultaron favorablemente, se pueden realizar las predicciones. En esta etapa se puede ver que modelos presentan deficiencias a la hora de predecir, y puede utilizarse para poder realizar la validación de los modelos.

2.14.2 Formulación del modelo ARIMA.

La fórmula general para el modelo ARIMA de ordenes p, d y q, es decir el modelo ARIMA(p,d,q) es la siguiente:

$$\phi(B)(1 - B)^d X_t = c + \theta(B)\varepsilon_t \quad (2.29)$$

Donde X_t es la variable de estudio, c una constante y ε_t es el termino de error o residuo, que sigue una distribución normal de media cero y varianza constante σ_ε^2 .

El termino $(1 - B)^d$ se aplica a la serie original para convertirla en estacionaria, y d corresponde al orden de la parte I del modelo ARIMA. $\phi(B)$ y $\theta(B)$ son polinomios de orden p y q que dependen del operador retardo B .

El operador de retardo B está definido por:

$$B^d X_t = X_{t-d} \quad (2.30)$$

El polinomio $\phi(B)$ se define como:

$$\phi(B) = 1 - \sum_{i=1}^p \phi_i B^i \quad (2.31)$$

El polinomio $\theta(B)$ se define como:

$$\theta(B) = 1 - \sum_{j=1}^q \theta_j B^j \quad (2.32)$$

Los residuos ε_t , $t = \text{máx. } \{p, q\} + d + 1, \dots, t$ se obtiene la siguiente ecuación:

$$\varepsilon_t = (1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)(1 - B)^d X_t - c + (\theta_1 B - \dots - \theta_q B^q) \varepsilon_t \quad (2.33)$$

El modelo ARIMA este compuesto de tres partes: una parte AR de orden p , una parte de I de orden d y una parte MA de orden q .

2.14.3 Pasos para la construcción de los modelos ARIMA, SARIMA.

Paso 1: Identificación de los términos del modelo.

Se identificará el número de términos de los polinomios $\phi(B)$ y $\theta(B)$, vamos a determinar el valor p y q, así como el orden de la parte I del modelo ARIMA.

Entonces se comienza de la siguiente manera:

Análisis inicial de la serie: vamos a identificar las principales características de la serie:

- Frecuencia
- Comportamiento no estacionario
- Presencia de estacionalidad en los datos

Cuanto menor es el tiempo transcurrido entre dos datos de la serie, mayor es la frecuencia de la serie, la alta frecuencia es una característica intrínseca que no puede corregirse.

Para la corrección de la no estacionalidad se pueden realizar dos tipos de transformaciones sobre la serie de datos:

- Para estabilizar la varianza se toman transformaciones Box-Cox, también sirven estas transformaciones para obtener normalidad a los datos.
- Para estabilizar la media se toman diferenciales del tipo:

$$\nabla_s X_t = (1 - B^s)X_t = X_t - X_{t-s} \quad t = s + 1, \dots, T \quad (2.34)$$

Existe estacionalidad en los datos cuando los datos que componen la serie presentan un comportamiento cíclico o periódico.

Pero para poder probar de mejor manera si una serie $X_t, t = 1, \dots, T$, es estacional debe tener las siguientes características:

- Su media es constante
- Su varianza es constante
- La autocovarianza entre X_t y la serie X_{t+k} solo depende de k y no del instante de tiempo t , es decir, su valor es independiente del periodo de tiempo que se considere. El índice k toma los valores $k = 0, 1, 2, \dots, h$, donde $h < T$. Esta autocovarianza se define como:

$$S_k = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^{T-k} (y_t - \bar{y}_t) (y_{t+k} - \bar{y}_t) \quad (2.35)$$

Donde \bar{y}_t es la media de la serie X_t y T el número de componentes de la serie X_t .

En series con estacionalidad no sólo hay que modelizar la componente regular (o no estacional) sino también la componente estacional.

En esos casos, lo normal es manejar un modelo producto de dos:

ARIMA(p,d,q) SARIMA(P,D,Q)

Algunos libros también lo presentan de esta manera:

SARIMA(p,d,q)x(P,D,Q)

Donde la primera parte corresponde a la parte regular, y la segunda a la estacional.

Si los datos presentan estacionalidad, la formulación del modelo SARIMA resulta de la siguiente forma:

$$\phi(B)\psi(B^s)(1-B)^d(1-B^s)X_t = c + \theta(B)\varphi(B^s)\varepsilon_t \quad (2.36)$$

donde s representa el tipo de estacionalidad que presentan los datos. D corresponde a la parte I del modelo SARIMA. Normalmente D toma valores 1 y 2. $\psi(B^s)$ y $\varphi(B^s)$ son polinomios que dependen del operador de retardo B^s .

El polinomio $\psi(B^s)$ se define como:

$$\psi(B^s) = 1 - \sum_{k=1}^p \psi_k B^{ks} \quad (2.37)$$

Donde $\psi(B^s)X_t = X_t - \psi_1 X_{t-s} - \psi_2 X_{t-2s} - \dots - \psi_p X_{t-ps}$ y $\psi_k (k = 1, \dots, P)$ son los coeficientes del polinomio $\psi(B^s)$; P es el numero de termino del polinomio de $\psi(B^s)$ y el orden correspondiente a la parte AR del modelo ARIMA estacional.

El polinomio $\varphi(B^s)$ se define como:

$$\varphi(B^s) = 1 - \sum_{k=1}^Q \varphi_k B^{ks} \quad (2.38)$$

Donde $\varphi(B^s)X_t = X_t - \varphi_1 X_{t-s} - \varphi_2 X_{t-2s} - \dots - \varphi_Q X_{t-Qs}$ y $\varphi_k (k = 1, \dots, Q)$ son los coeficientes del polinomio $\varphi(B^s)$; P es el numero de termino del polinomio de $\varphi(B^s)$ y el orden correspondiente a la parte MA del modelo ARIMA estacional.

El estudio de la función de autocorrelación (FAC) y la función de autocorrelación parcial (FACP). A través de la representación de estas funciones se determinan los órdenes p, d y q del modelo ARIMA y de los órdenes P, D y Q del modelo ARIMA estacional (SARIMA).

La representación gráfica del coeficiente de autocorrelación p_k es lo que se denomina FAC. Cuya expresión es la siguiente:

$$p_k = \frac{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^{T-k} (y_t - \bar{y}_t)(y_{t+k} - \bar{y}_t)}{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (y_t - \bar{y}_t)^2} \quad (2.39)$$

Donde \bar{y}_t es la media de y_t .

El coeficiente de autocorrelación parcial de orden k se define como:

$$\tau_{u,v} = \frac{\frac{1}{T-k} \sum_{t=k+1}^T (u_t - \bar{u}_t)(o_t - \bar{o}_t)}{\sqrt{\frac{1}{T-k} \sum_{t=k+1}^T (u_t - \bar{u}_t)^2} \sqrt{\frac{1}{T-k} \sum_{t=k+1}^T (o_t - \bar{o}_t)^2}} \quad (2.40)$$

Donde \bar{u}_t y \bar{o}_t son las medias de las series u_t y o_t , respectivamente y T es el número de componentes de las series y_t , u_t , o_t .

Una vez definidos los coeficientes de autocorrelación se estabiliza la varianza, aplicando la transformación de Box-Cox necesaria, a continuación, se identifican los órdenes d y D del modelo ARIMA estacional y por último se identifican los órdenes p, q, P y Q.

En modo de resumen se presenta la siguiente tabla para describir el comportamiento que tiene la función de autocorrelación (FAC) y la función de autocorrelación parcial (FACP).

Tabla 2.1: Resumen para la determinación de los valores $(p,q)(P,Q)$

Proceso	Función de Autocorrelación (FAC)	Función de Autocorrelación Parcial (FACP)
MA(q)	Solo los q primeros coeficientes son significativos. El resto se anulan bruscamente (coeficiente 0 para retardo > p).	Decrecimiento rápido exponencial u ondas sinusoidales.
AR(p)	Decrecimiento rápido exponencial u ondas sinusoidales.	Solo los p primeros coeficientes son significativos. El resto se anulan bruscamente (coeficiente 0 para retardo > p).
ARMA	Los coeficientes no se anulan bruscamente y presentan un decrecimiento rápido.	Los coeficientes no se anulan bruscamente y presentan un decrecimiento rápido.
ARMA (estacional)	Los coeficientes no se anulan bruscamente y decrecimiento rápido con periodicidades iguales al periodo estacional.	Los coeficientes no se anulan bruscamente y decrecimiento rápido con periodicidades iguales al periodo estacional.
ARIMA(p,d,q)	Comportamiento irregular en los retardos $(1, \dots, q)$ con q picos. Decrecimiento para retardos posteriores a q.	Decrece (aproximadamente con exponenciales atenuados y ondas sinusoidales).
ARIMA(P,D,Q) (estacional)	Comportamiento irregular en los retardos $(1, \dots, Q)$ con Q picos y decrecimiento para retardos posteriores a Q (periódicamente con periodo igual al periodo estacional).	Decrece (aproximadamente con exponenciales atenuados y ondas sinusoidales) y no cero pronto (periódicamente con periodo igual al periodo estacional).

Fuente: (Problemas resueltos de Econometría, 2006)

Paso 2: Estimación de los parámetros del modelo

Una vez identificados los términos que contiene el modelo se estiman los parámetros que lo constituyen.

La estimación de los parámetros del modelo se puede hacer a través de diferentes métodos. El método más utilizado es el método de verosimilitud, aunque en los modelos autorregresivos, la estimación utilizada es el método de los momentos.

La maximización de la función de verosimilitud es no lineal en el sentido de que la función a maximizar no es una función cuadrática de los parámetros desconocidos. Esta maximización es por tanto realizada numéricamente. Por ello, la convergencia al máximo será más rápida si se parte de un valor inicial de los parámetros próximos al valor de convergencia.

Máxima verosimilitud: las estimaciones de máxima verosimilitud de los parámetros se calculan maximizando la función de verosimilitud con respecto a los parámetros. La función de verosimilitud describe, para cada conjunto de parámetros de distribución, las probabilidades de que la distribución verdadera tenga esos parámetros basados en datos de la muestra.

Se explicará la estimación de los parámetros mediante la minimización de la suma de los residuos al cuadrado.

Consiste en minimizar:

$$\sum_{t=\max\{p,q\}+d+1}^T ((1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)(1 - B)^d X_t - c + (-\theta_1 B - \dots - \theta_q B^q) \varepsilon_t)^2 \quad (2.41)$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} |B_i^\phi| &> 1 \quad i = 1, \dots, p \\ |B_i^\theta| &> 1 \quad i = 1, \dots, q \end{aligned} \quad (2.42)$$

Donde B_i^ϕ son las raíces del polinomio $\phi(B)$ ($\phi(B) = 0$) y B_i^θ son las raíces del polinomio $\theta(B)$ ($\theta(B) = 0$). La primera restricción se aplica para asegurar que el modelo AR(p) cumple con la condición de estacionariedad, y la segunda restricción se aplica para asegurar que el modelo MA(q) cumple la condición de invertibilidad.

La sumatoria de los residuos al cuadrado comienza en $t = \max\{p, q\} + d + 1$, ya que no se dispone de datos para las series X_t y ε_t , $t = 1, 2, \dots, T$, cuando $1 < t < 1$. ε_t es un ruido blanco que se genera de forma aleatoria.

El vector de parámetros a estimar es $(c, \phi_1, \dots, \phi_p, \theta_1, \dots, \theta_q)$. Al resolver este problema se obtienen los valores estimados de los parámetros que componen el modelo. Por tanto, el modelo estimado queda:

$$(1 - \phi'_1 B - \dots - \phi'_p B^p)(1 - B)^d X_t = c' + (1 - \theta'_1 B - \dots - \theta'_q B^q) \varepsilon'_t \quad (2.43)$$

Los residuos estimados son:

$$\varepsilon'_t = (1 - \phi'_1 B - \dots - \phi'_p B^p)(1 - B)^d X_t - c' + (\theta'_1 B - \dots - \theta'_q B^q) \varepsilon'_t \quad (2.44)$$

Paso 3: Validación del modelo

Para asegurar la validez e idoneidad del modelo y la efectividad de las predicciones, los residuos estimados se deben comportar como ruido blanco. Ruido blanco es una serie

que se caracteriza por tener distribución normal, con media y covarianza nula y varianza constante.

Para comprobar que los residuos estimados obtenidos son ruido blanco:

- Representamos FAC y la FACP para los residuos: si los residuos estimados anteriormente son ruido blanco, tanto en la FAC como en la FACP de estos residuos no debe aparecer ningún valor significativo; es decir, los valores de estas funciones deben ser muy pequeños y estar dentro de las bandas de confianza.

$$\left[-\frac{1.96}{\sqrt{T}}, \frac{1.96}{\sqrt{T}} \right] \quad (2.45)$$

Estas son bandas asintóticas al 95% de confianza, donde T es el número de valores de la serie X_t .

- Test Ljung-Box: este test indica si existe dependencia entre los m primeros residuos estimados, es decir, si estos residuos presentan correlación no nula. El estadístico Ljung-Box se define como:

$$Q = T(T + 2) \sum_{h=1}^m \frac{P_h^2}{T - r} \quad (2.46)$$

Donde P_h es el coeficiente de autocorrelación de los residuos estimados anteriormente. T es el número de valores de la serie X_t y r es el número de parámetros estimados.

Este estadístico Q, se distribuye con una Chi-cuadrada con un número de grados de libertad igual al número de coeficientes utilizados en la suma, m, menos el número de parámetros estimados r menos 1 ($m - r - 1$).

En la mayoría de los casos es suficiente con representar la FAC y la FACP, ya que, si no presentan valores significativos, el valor del estadístico Q será pequeño, y por tanto se puede considerar que existe independencia en los residuos.

Hipótesis de normalidad de los residuos aleatorias: son necesarias para realizar inferencias sobre los parámetros. Así mismo afecta a las propiedades de los estimadores mínimos cuadráticos, ya que así esta no es aceptable, la estimación por mínimos cuadrados es diferente a la estimación de los parámetros por máxima verosimilitud, y por tanto los estimadores se hacen ineficientes. De esta forma no se obtendrá el máximo partido de la información muestral, agravándose este hecho si existen observaciones atípicas en la muestra (pueden ser la causa real de la no normalidad).

Si se comprueba que el modelo es adecuado, se puede continuar con el procedimiento y calcular las predicciones. En caso contrario, se estudia el comportamiento de los residuos estimados según calculados en el paso anterior, lo que ayuda a identificar un nuevo modelo; se vuelve al paso 2 y se repite el mismo procedimiento.

Paso 4: Predicciones

Después de obtener el modelo y comprobar su validez, se puede proceder a predecir.

La predicción óptima de X_{T+k}, X'_{T+k} , es el valor esperado de X_{T+k} condicionado a que se conoce X_1, X_2, \dots, X_T , es decir, la esperanza condicionada de X_{T+k} conocido X_1, X_2, \dots, X_T . De forma análoga se procede con los residuos.

Por lo tanto:

$$X'_T(k) = E\{X_{T+k}|X_T, \dots, X_1\} \quad (2.47)$$

$$\varepsilon_T(k) = E\{\varepsilon_{T+k} | X_T, \dots, X_1\} \quad (2.48)$$

Donde T representa el origen de la predicción y k el horizonte de esta. Las fórmulas correspondientes a las predicciones que se quieren obtener, según el modelo estimado son:

$$\begin{aligned} X_{T+k} = & \varphi'_1(X_{T+k-1}) + \dots + \varphi'_p(X_{T+k-p}) + c' + \varepsilon_{T+k} + \theta'_1\varepsilon_{T+k-1} + \dots \\ & + \theta'_q\varepsilon_{T+k-q} \end{aligned} \quad (2.49)$$

Tomando esperanzas condicionales en la expresión anterior, la ecuación de predicción para el modelo ARIMA estimado es el siguiente:

$$\begin{aligned} X_r(k) = & \varphi'_1(X'_T(k-1)) + \dots + \varphi'_p(X'_T(k-p)) + c' + \varepsilon'_T(k) \\ & + \theta'_1\varepsilon'_T(k-1) + \dots + \theta'_q\varepsilon'_T(k-q) \end{aligned} \quad (2.50)$$

Donde:

$X'_T(j) = X_{T+j}$ si $j \leq 0$ es el valor de la serie X_t en el tiempo T + j.

$X'_T(j) = X'_{T+j}$ si $j > 0$ es la predicción obtenida para la serie X_t en el tiempo T + j

$\varepsilon'_T(j) = \varepsilon'_{T+j}$ si $j \leq 0$ es el valor de la serie ε'_t en el tiempo T + j

$\varepsilon'_T(j) = 0$ si $j > 0$

En este capítulo se abordaron todos los conceptos y conocimientos necesario para la construcción de un modelo de series de tiempo para poder predecir, por lo que se puede continuar con la aplicación para la inflación de América del Norte.

Capítulo 3 : Aplicación de la Metodología Box-Jenkins a las Series de Tiempo sobre la Inflación en América del Norte.

El objetivo este capítulo es mostrar la aplicación y construcción de modelos mediante la metodología Box-Jenkins para la inflación en México, Estados Unidos y Canadá.

3.1 Datos Muestrales.

Los datos utilizados para el estudio de la inflación en América del Norte fueron obtenidos a través del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), siendo este un organismo público con autonomía técnica y de gestión, personalidad jurídica y patrimonio propios, responsable de normar y coordinar el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica, así como de realizar:

- I. Los censos nacionales;
- II. Integrar el sistema de cuentas nacionales, y
- III. Elaborar los índices nacionales de Precios al Consumidor, e Índice Nacional de Precios Productor.

El 25 de enero de 1983 se creó, por decreto presidencial, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), que integró en su estructura a:

La Dirección General de Estadística, en funciones desde 1882, cuando pertenecía a la Secretaría de Fomento, Colonización, Industria y Comercio, la Dirección General de Geografía, establecida en 1968 y que estaba adscrita a la Secretaría de la Presidencia, la Dirección General de Política Informática y la Dirección General de Integración y Análisis de la Información.

Con su creación, el INEGI modernizó la valiosa tradición que tenía nuestro país en materia de captación, procesamiento y difusión de información acerca del territorio, la

población y la economía. Conjuntó en una sola institución la responsabilidad de generar la información estadística y geográfica.

Desde 1985, el Instituto se desconcentró para ubicar su sede en la ciudad de Aguascalientes, Aguascalientes.

Con la promulgación de la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (LSNIEG) el 16 de abril de 2008, el INEGI cambió su personalidad jurídica, adquiriendo autonomía técnica y de gestión. Su nueva denominación es Instituto Nacional de Estadística y Geografía, pero conserva las mismas siglas (INEGI).

El objetivo prioritario del INEGI es lograr que el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG) suministre a la sociedad y al Estado información de calidad, pertinente, veraz y oportuna, a efecto de coadyuvar al desarrollo nacional, bajo los principios de accesibilidad, transparencia, objetividad e independencia. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, s.f.)

Las series de tiempo que se analizaron en este estudio fueron: la inflación en México, Estados Unidos y Canadá; además de ser países vecinos y conformar América del Norte, estos comparten un acuerdo comercial para ampliar el mercado de bienes: el TLC (Tratado de Libre Comercio), el cual afecta a los países que intervienen en su política económica y que se está renegociando por parte de los involucrados como resultado de las reformas del presidente de Estados Unidos, Donald Trump.

La primera serie fue elegida debido a que refleja la inflación de México y es una referencia muy importante para los mexicanos para evaluar la política económica del país y genera una incertidumbre por las posibles alzas en los precios de los productos que conforman la canasta básica.

La segunda serie fue elegida porque Estados Unidos es una de las grandes potencias mundiales y a pesar de las crisis económicas que se han presentado en este país y que, en consecuencia, ha generado crisis en otros países, llevo a cabo estrategias

económicas que devolvió estabilidad; por ello es interesante estudiar el comportamiento de su inflación.

La última serie se tomó en cuenta ya que Canadá es uno de los países más estables y saludables económicamente hablando, además, en los últimos años ha mantenido una tasa de inflación muy constante.

Es sorprendente el contraste de las políticas económicas entre los tres países, si se quiere profundizar en este tema se invita al lector a satisfacer su curiosidad mediante el estudio de otros temas relacionados.

Las series anteriores están expresadas de manera mensual de enero de 2006 a diciembre de 2016, es decir, cada serie cuenta con 132 datos que serán modelados mediante la metodología Box- Jenkins.

Este procedimiento para la construcción de los modelos estadísticos permite encontrar una fórmula que genere de manera aproximada los patrones históricos de una serie de tiempo, también sirve para pronosticar comportamientos cuantitativos en un ambiente de incertidumbre y hacer un mejor manejo de esta mediante técnicas de pronóstico efectivas.

Para el cálculo de estimaciones, la elaboración de gráficas y tablas que ayuden a plantear los modelos de las series de tiempo de nuestro objeto de estudio, se utilizaron los softwares estadísticos Eviews 9 y Minitab 18, los cuales fueron diseñados para facilitar la organización el manejo y análisis de datos estadísticos, siendo de gran ayuda en las investigaciones de diversas áreas profesionales, académicas y empresariales.

3.2 Serie de Tiempo: La Inflación en México.

3.2.1 Identificación del modelo.

La primera fase en la metodología Box-Jenkins es la identificación del modelo y está comienza al analizar la gráfica de secuencia de la serie de tiempo original para explicar el comportamiento de la variable, sus movimientos ascendentes y descendentes; es decir la volatilidad de la serie o su estacionalidad con el propósito de tener un panorama claro del objeto de estudio.

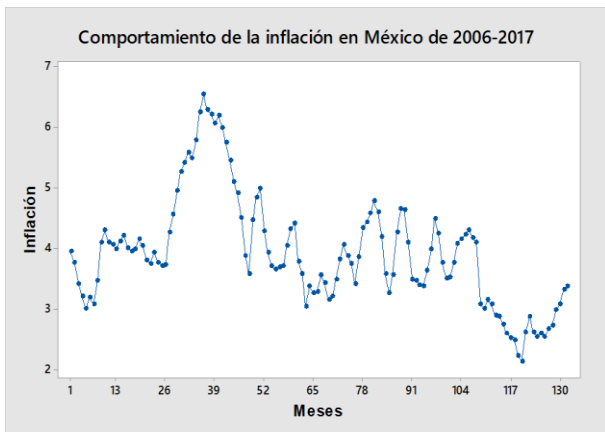
En cualquier modelo que involucra series temporales se debe verificar el orden de integración de las variables implicadas. Para verificar si una serie temporal es estacionaria, se pueden utilizar alternativamente varios test que, en la literatura especializada se conocen como test de raíces unitarias. Entre los más usados destacan las tests de Dickey-Fuller (DF), Dickey-Fuller aumentado (DFA) y de Phillips-Perron (PP).

Al observar la Gráfica 3.1 se pudo apreciar que el comportamiento de la inflación en México es creciente y tiene un pequeño patrón cíclico, debido a que el nivel aumenta y disminuye aproximadamente cada seis meses.

Este comportamiento de la serie en el periodo estudiado se vio interrumpido por algunos movimientos o variaciones atípicas que se explican a continuación.

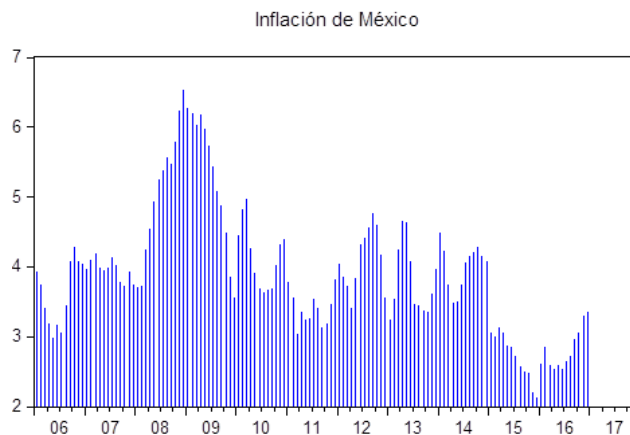
El mayor valor atípico se muestra en la gráfica 3.2, que ocurrió en diciembre de 2008, ya que en este año la turbulencia en los mercados financieros internacionales afecto significativamente el desempeño de la economía global. Además, la desaceleración de la actividad económica afecto tanto a economías emergentes como avanzadas, si bien el debilitamiento fue más pronunciado en los países de este último grupo.

Gráfica 3.1: Comportamiento de la inflación en México 2006-2017



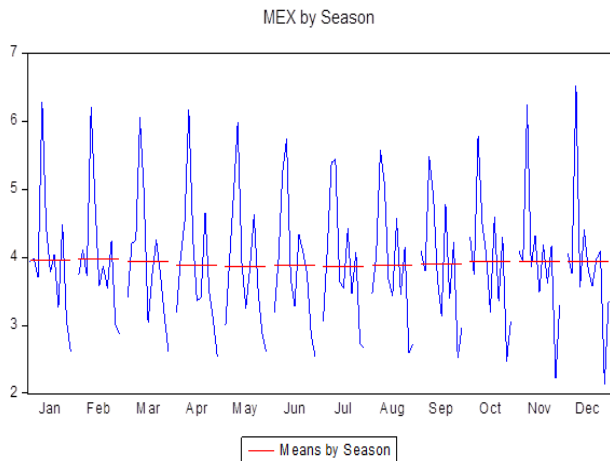
Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Gráfica 3.2: Inflación en México



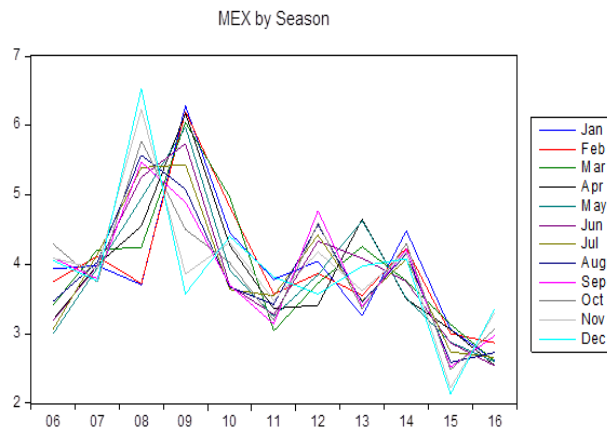
Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

Gráfica 3.3: Subseries anuales



Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

Gráfica 3.4: Subseries estacionales



Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

El incremento de la inflación en México durante 2008 se vio afectada, principalmente, por los aumentos sin precedente en los precios internacionales de las materias primas alimenticias, metálicas y energéticas, particularmente durante el primer semestre del año. Estas alzas impactaron la estructura de costos de producción de prácticamente todos los sectores de la economía, así como la política de bienes y servicios administrados por el gobierno federal.

De igual forma, la evolución de los precios estuvo influida hacia finales del año por la depreciación cambiaria que tuvo lugar a partir de septiembre. Así, al cierre de 2008, la inflación general anual fue de 6.53%, mientras en diciembre de 2007 ésta se había situado en 3.76%.

Todos los gráficos anteriores muestran claramente la presencia de estacionalidad mensual. La Gráfica 3.3 de las subseries anuales presenta evoluciones paralelas de los datos en los distintos meses de todos los años. La Gráfica 3.4 de las subseries estacionales muestra claramente las secciones similares de las estaciones.

De la graficas anteriores se concluyó que la serie es cíclica, tiene varianza heterocedástica, es decir, tiene inestabilidad en la varianza y su tendencia es hacia la baja por lo que su media no es constante. Pero la estacionalidad, así como la estacionariedad, también pueden detectarse a través de las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial estimadas.

Gráfica 3.5 Correlogramas de la FAC y FACP de México.

Sample: 2006M01 2016M12
Included observations: 132

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.945	0.945	120.49	0.000
		2	0.846	-0.42...	217.98	0.000
		3	0.752	0.167	295.60	0.000
		4	0.690	0.194	361.43	0.000
		5	0.648	-0.06...	419.96	0.000
		6	0.616	0.049	473.18	0.000
		7	0.584	0.011	521.38	0.000
		8	0.544	-0.08...	563.59	0.000
		9	0.481	-0.21...	596.87	0.000
		1...	0.389	-0.19...	618.79	0.000
		1...	0.287	-0.01...	630.81	0.000
		1...	0.200	-0.00...	636.68	0.000
		1...	0.166	0.369	640.79	0.000
		1...	0.158	-0.20...	644.52	0.000
		1...	0.150	0.025	647.93	0.000
		1...	0.125	0.022	650.32	0.000
		1...	0.096	0.079	651.74	0.000
		1...	0.068	0.034	652.46	0.000
		1...	0.044	0.009	652.77	0.000
		2...	0.021	-0.04...	652.84	0.000
		2...	0.006	-0.07...	652.85	0.000
		2...	-0.00...	-0.26...	652.86	0.000
		2...	-0.03...	-0.11...	653.05	0.000
		2...	-0.06...	0.044	653.72	0.000
		2...	-0.09...	0.186	655.17	0.000
		2...	-0.11...	-0.06...	657.35	0.000
		2...	-0.12...	0.008	660.05	0.000
		2...	-0.13...	0.011	662.91	0.000
		2...	-0.13...	-0.02...	666.11	0.000
		3...	-0.14...	0.070	669.94	0.000
		3...	-0.17...	0.004	675.03	0.000
		3...	-0.19...	0.061	681.40	0.000
		3...	-0.20...	0.023	688.76	0.000
		3...	-0.20...	-0.13...	696.13	0.000
		3...	-0.17...	0.119	701.82	0.000
		3...	-0.13...	-0.00...	705.28	0.000

Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

Se observa que la FAC y FACP estimadas también validan los periodos estacionales porque los coeficientes de la FAC para retardos múltiples del periodo estacional de la serie son significativamente distintos de cero.

Además, para una cantidad grande de retardos de la FAC se configura en forma de abanico que completa su ciclo girando sobre el eje de abscisas para una cantidad de retardos igual al periodo estacional. Por otro lado, la FACP presenta estructura de

coeficientes significativos para retardos en periodos (largos). La FAC y la FACP deben considerarse a la vez, pues a veces intercambian sus papeles en el comportamiento estacional. Asimismo, los coeficientes de la FAC no decaen rápidamente, lo que indica falta de estacionariedad en media.

Para comprobar que la serie analizada no es estacionaria se empleó el test de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) y Phillips-Perron (PP).

Tabla 3.1: Test Dickey-Fuller Aumentado (ADF)

Null Hypothesis: MEX has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 12 (Automatic - based on AIC, maxlag=12)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.250947	0.6505
Test critical values:		
1% level	-3.486064	
5% level	-2.885863	
10% level	-2.579818	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

Tabla 3.2: Test Phillips-Perron (PP).

Null Hypothesis: MEX has a unit root
 Exogenous: Constant
 Bandwidth: 10 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-2.139288	0.2298
Test critical values:		
1% level	-3.480818	
5% level	-2.883579	
10% level	-2.578601	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

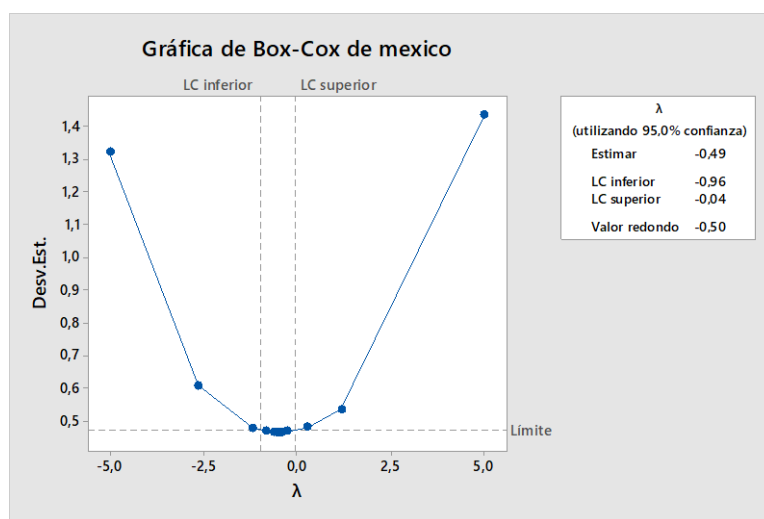
Residual variance (no correction)	0.08843...
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.11872...

Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

Los test DFA y PP arrojaron un valor de (-1.250947) y (-2.139288) respectivamente, que resultaron ser superiores a los valores críticos tanto al 1%, 5% y 10% y un valor p mayor a 0.05 lo cual nos lleva a aceptar la hipótesis nula de que la serie presenta raíz unitaria, por lo tanto, la serie no es estacionaria.

En consecuencia, se tiene que inducir estacionaridad respecto a la varianza y a la media por ello fue necesario aplicar una transformación de Box-Cox.

Gráfica 3.6: Transformación de Box-Cox.

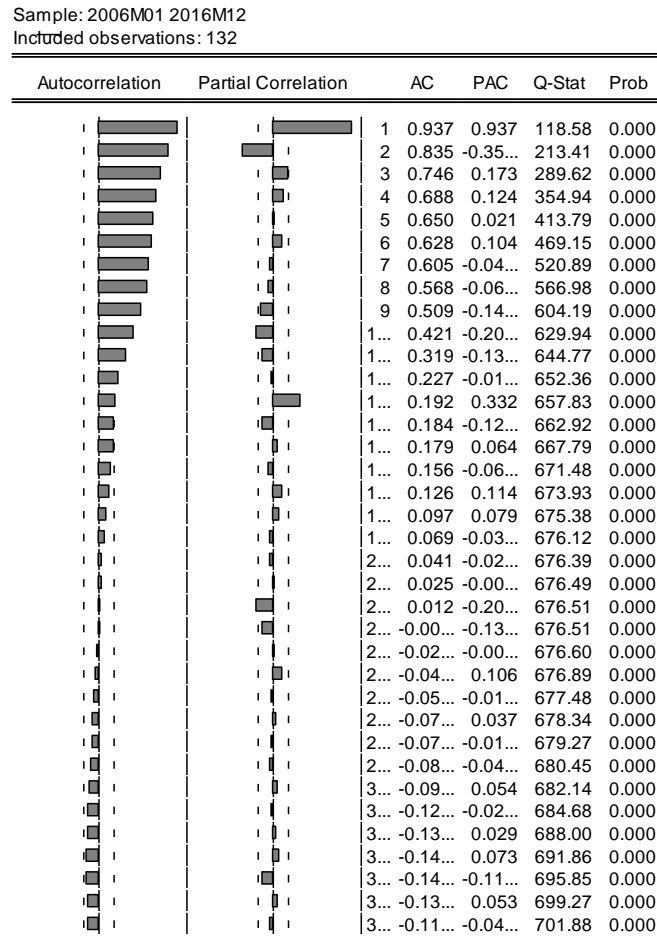


Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

La transformación Box-Cox es una familia de posibles cambios en los valores de la serie, con un efecto de traslación de escala y compensación, que disminuye la inestabilidad de la varianza, sin dañar las regularidades presentes en la serie.

La transformación Box-Cox dio como resultado una lambda con valor de -0.5, lo que indica que es necesario transformar la serie con la aplicación del recíproco de la raíz. Para poder determinar el modelo fue necesario estudiar las gráficas de la función de autocorrelación muestral (FAC) y la Función de Autocorrelación Parcial (FACP), de la serie transformada.

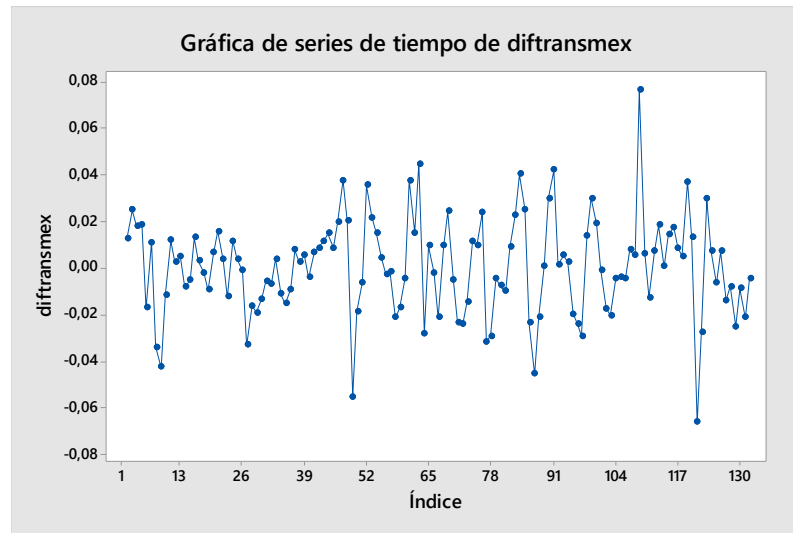
Gráfica 3.7: Correlogramas de la FAC y FACP de la serie Transformada.



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Al analizar la Gráfica 3.7 de los correlogramas se observó que la FAC no decae rápidamente a 0, lo que indica que tenemos que estabilizar la media con una diferenciación y la FACP muestra que los dos primeros retardos son significativos al igual que el 12, esto nos indica un posible patrón cíclico.

Gráfica 3.8: Diferencias de la serie Transformada.



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Al realizar la diferenciación de la serie transformada podemos observar en la Gráfica 3.8 que la media y la varianza son más constantes, es decir, la serie ya es estacionaria y para comprobarlo realizaremos los test ADF y PP de la serie transformada y diferenciada.

Tabla 3.3: Test Dickey-Fuller Aumentado (ADF)

Null Hypothesis: DIFTRANSMEX has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-8.422961	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.481623	
5% level	-2.883930	
10% level	-2.578788	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

El test DFA arrojó un valor de (-8.422961), que resultó ser inferior a los valores críticos tanto al 1%, 5% y 10% y un valor p de 0, lo cual nos lleva a rechazar la hipótesis nula de que la serie presenta raíz unitaria, por lo tanto, la serie es estacionaria.

Tabla 3.4: Test Phillips-Perron

Null Hypothesis: D(TRANSMEX) has a unit root
 Exogenous: Constant
 Bandwidth: 26 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-7.867438	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.481217	
5% level	-2.883753	
10% level	-2.578694	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.		
Residual variance (no correction)		0.000388
HAC corrected variance (Bartlett kernel)		0.000127

Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

El test PP arrojó un valor de (-7.867438), que resultó ser inferior a los valores críticos tanto al 1%, 5% y 10% y un valor p de 0, lo cual nos lleva a rechazar la hipótesis nula de que la serie presenta raíz unitaria, por lo tanto, la serie es estacionaria.

Ahora se analizan la FAC y la FACP de la serie diferenciada y transformada para definir el modelo.

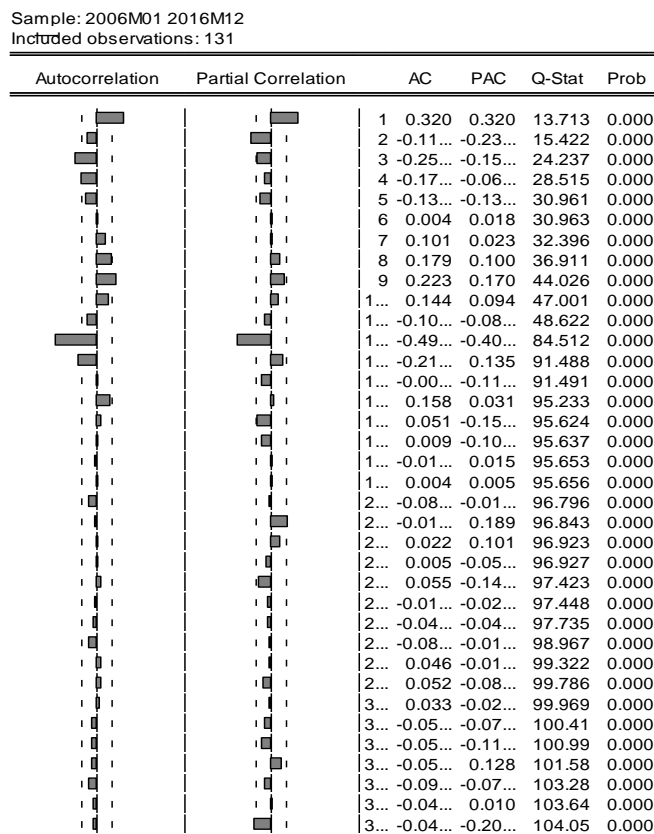
3.2.2 Estimación del modelo.

La correlación de los estimadores, es decir, cuando los valores de uno de ellos varia sistemáticamente con respecto a los valores de otro, origina que al momento de eliminar alguno de ellos resulten afectados los demás, es por esto, que no se debe eliminar más

de un parámetro a la vez y se deberá analizar el nivel de significancia de cada uno, que para efecto de dicho análisis es del 0.05 (es decir un porcentaje de confianza del 95%), cuando algún parámetro sea mayor a este, tendrá que salir del modelo.

Este proceso terminara cuando los valores de los parámetros del modelo se encuentren en regiones admisibles.

Gráfica 3.9: Correlogramas de la FAC y FACP de la serie diferenciada y transformada



Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

Al haber analizado Gráfica 3.9: Correlogramas de la FAC y FACP de la serie diferenciada y transformada, pudimos observar que muestran un patrón cíclico y que los retardos 1 y 12 son significativos en ambos correlogramas, además en la FAC los retardos 3 y 9 son

significativos y en la FACP los retardos 2 y 21 son significativos en la parte no estacional y los retardos 1 y 12 son significativos en la parte estacional, por lo que se propone el siguiente modelo:

SARIMA (2,1,2) X (1,0,1)₁₂

Con base en lo anterior se obtuvieron las siguientes estimaciones:

Tabla 3.5: Estimaciones finales de los parámetros.

Tipo	Coef	SE Coef	Valor T	Valor p
AR 1	0,570	0,371	1,54	0,127
AR 2	-0,178	0,274	-0,65	0,515
SAR 12	-0,099	0,112	-0,88	0,380
MA 1	0,285	0,375	0,76	0,448
MA 2	0,126	0,313	0,40	0,689
SMA 12	0,8240	0,0871	9,46	0,000
Constante	0,000521	0,000183	2,84	0,005

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Para la elección del modelo, el valor p de los parámetros no debe superar el nivel de significancia (0.05); en este caso, la tabla 3.5, el parámetro MA(2) fue el mayor, por lo que, fue eliminado y se propuso el siguiente modelo.

SARIMA (2,1,1) X (1,0,1)₁₂

El modelo anterior reflejo los siguientes resultados:

Tabla 3.6: Estimaciones finales de los parámetros.

Tipo	Coef	SE Coef	Valor T	Valor p
AR 1	0,650	0,330	1,97	0,051
AR 2	-0,299	0,102	-2,94	0,004
SAR 12	-0,104	0,114	-0,91	0,363
MA 1	0,369	0,345	1,07	0,286
SMA 12	0,8070	0,0903	8,93	0,000
Constante	0,000556	0,000206	2,71	0,008

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Con las significancias anteriores en la tabla 3.6, se observa que al eliminar el componente MA(2), los valores de los parámetros restantes cambiaron, por lo que, se necesita eliminar el parámetro SAR(12) porque se encuentra fuera del nivel de significancia con el valor más alto.

Por lo tanto, se propuso el siguiente modelo:

SARIMA (2,1,0) X (0,0,1)₁₂:

Tabla 3.7: Estimaciones en cada iteración.

Iteración	SSE	Parámetros				
0	1,06793	0,100	0,100	0,100	0,080	
1	0,23974	0,250	0,027	0,182	0,033	
2	0,03769	0,368	-0,095	0,332	0,002	
3	0,03397	0,374	-0,123	0,482	0,001	
4	0,03185	0,371	-0,155	0,632	0,001	
5	0,03147	0,352	-0,189	0,704	0,000	
6	0,03147	0,350	-0,196	0,697	0,001	

No es posible reducir más la suma de los cuadrados

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Tabla 3.8: Estimaciones finales de los parámetros.

Tipo	Coef	SE Coef	Valor T	Valor p
AR 1	0,3503	0,0871	4,02	0,000
AR 2	-0,1960	0,0876	-2,24	0,027
SMA 12	0,6975	0,0685	10,18	0,000
Constante	0,000518	0,000504	1,03	0,305

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Tabla 3.9: Sumas de los cuadrados de los residuos.

GL	SC	MC
127	0,0314155	0,0002474

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Tabla 3.10: Estadístico de chi-cuadrada modificado de Box-Pierce (Ljung-Box).

Desfase	12	24	36	48
Chi-cuadrada	8,52	17,20	24,01	38,24
GL	8	20	32	44
Valor p	0,385	0,640	0,844	0,716

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Después de estimar y considerar las tablas 3.8, 3.9 y 3.10, los parámetros del modelo propuesto están dentro del 0.05 de significancia y tomar en cuenta su estadístico del cuadrado medio del error (MC), que es una medida de exactitud del modelo ajustado donde los valores más pequeños del cuadrado medio del error indican un mejor ajuste del modelo, se concluye que el modelo SARIMA (2,1,0) X (0,0,1)₁₂ puede ser adecuado para realizar pronósticos.

Para tener la certeza de que el modelo es adecuado se procede a continuar con su verificación.

3.2.3 Verificación del modelo.

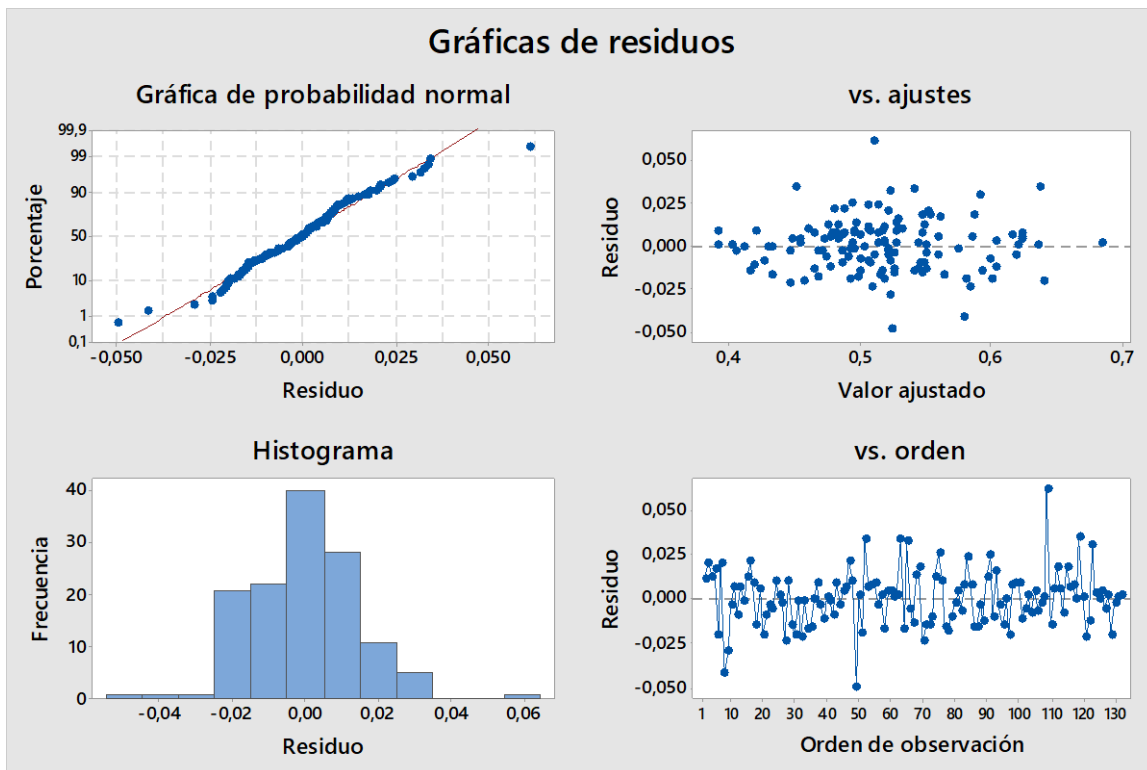
Es fundamental analizar el comportamiento de los residuales, ya que si estos se comportan de forma aleatoria (no guardan correlación), tienden a cero y se distribuyen de forma normal, entonces se puede comprobar que el modelo propuesto describe correctamente la serie.

Los residuales deberán presentar una media igual a cero, una varianza constante, y no presentar correlación, por lo que cada nivel deberá encontrarse dentro de los siguientes límites:

$$\frac{-1.96}{\sqrt{T}} \leq rs \leq \frac{1.96}{\sqrt{T}}$$

Para verificar lo anterior se estudiarán los residuales mediante la gráfica de secuencia, la prueba de homogeneidad de varianzas, sus correlogramas, su histograma y el gráfico de papel de probabilidad; los cuales reflejarán si los residuales se comportan como ruido blanco.

Gráfica 3.10: Cuatro en uno de residuos para México.



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

La grafica 3.10 de probabilidad normal de los residuos muestra que estos siguen una línea recta por lo que están normalmente distribuidos con algunos valores atípicos. En la gráfica de residuos vs ajustes se observa que los residuos son aleatorios e independientes porque no siguen ningún patrón.

Al observar el histograma de los residuos, que muestra la distribución de los residuales para todas las observaciones, podemos decir que el modelo se ajusta a los datos ya que se exhibe una simetría alrededor de 0, por lo tanto, los residuos son aleatorios con una media de 0.

Al analizar la gráfica de residuales con respecto al tiempo, se observó que la media es constante, exceptuando las observaciones atípicas explicadas con anterioridad, los residuales se centran alrededor de cero, por lo que su media es estadísticamente igual a cero. Por otro lado, la gráfica no muestra tendencia lo que demuestra que la varianza es

constante, y esto se confirmó al realizar la prueba de Levene a un 95% de confianza, para la cual fue necesario dividir residuales en grupo de acuerdo con el año que correspondían, obteniendo así once grupos de datos, los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

Tabla 3.11: Método de prueba de igualdad de varianzas.

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

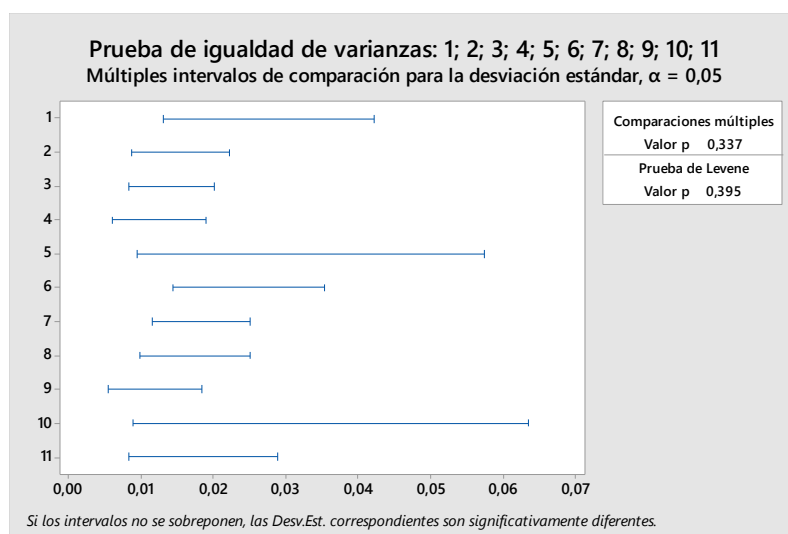
Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Tabla 3.12: Prueba de igualdad de varianzas.

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0,337
Levene	1,06	0,395

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

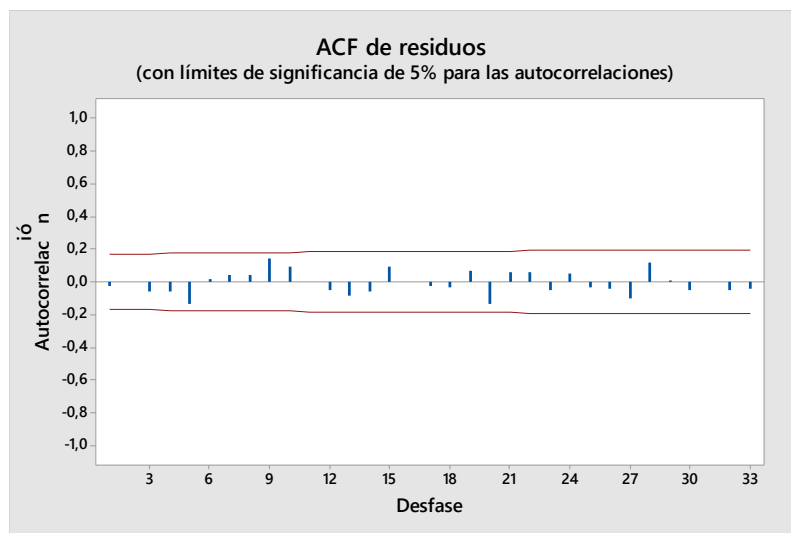
Gráfica 3.11: Prueba de igualdad de varianzas.



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

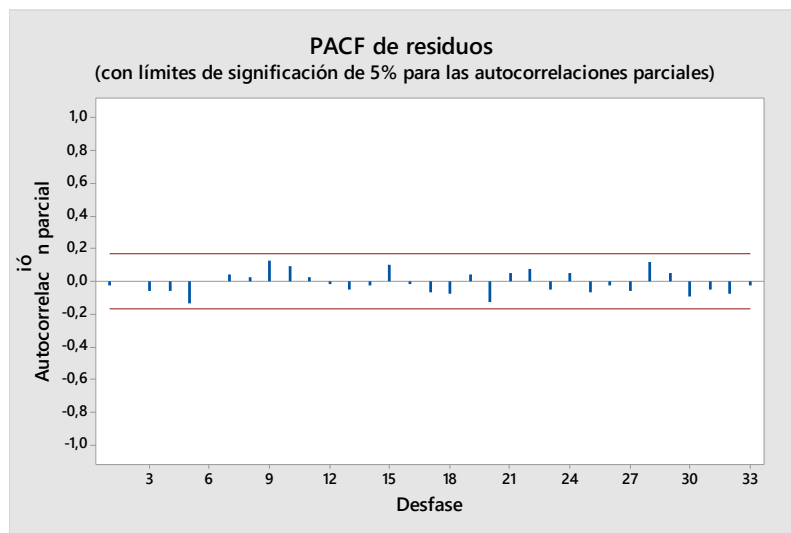
Como se observa la significancia obtenida bajo este estadístico es de 0.395 la cual es mayor a 0.05, por lo tanto, se aceptó la hipótesis nula de homogeneidad de varianzas. Con el fin de observar la correlación de los residuales se elaboraron las gráficas de la FAC y la FACP de los residuales del modelo propuesto y se presentan a continuación:

Gráfica 3.12: Correlograma de la FAC de los residuos



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

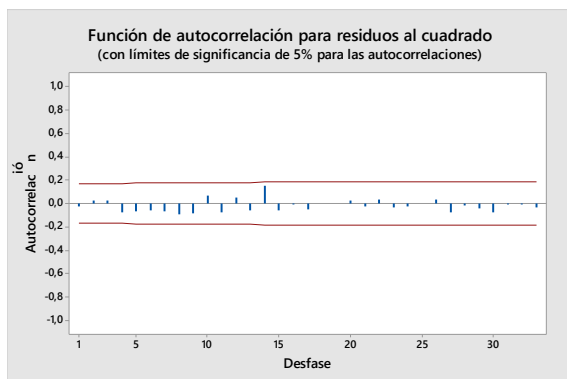
Gráfica 3.13: Correlograma de la FACP de los residuos



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

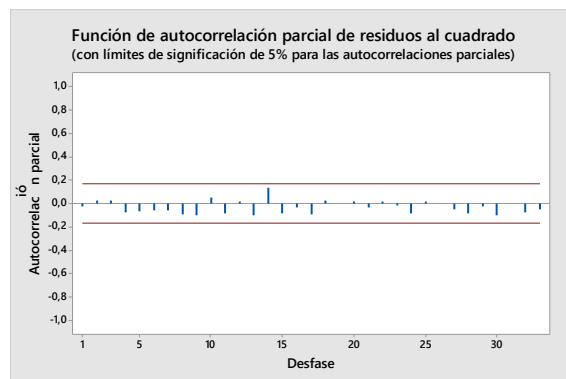
Con la Gráfica 3.12 y la Gráfica 3.13 se comprobó que no existe correlación, ya que se mantiene dentro de los intervalos permitidos. Entonces podemos concluir que los residuales son independientes. Para reafirmar se muestran los correlogramas de la FAC y la FACP de los residuales al cuadrado.

Gráfica 3.14



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Gráfica 3.15



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Los correlogramas de los residuales al cuadrado muestran en la Gráfica 3.14 y 3.15 y se observa que los desfases están dentro de los límites de significancia lo que indica que son estadísticamente igual a 0 y no muestran correlación.

Después del análisis de los residuales se puede decir que el modelo SARIMA $(2,1,0) \times (0,0,1)_{12}$ es adecuado para pronosticar.

3.3 Serie de tiempo: la inflación en Estados Unidos.

3.3.1 Identificación del modelo.

Se comienza por analizar la gráfica 3.16 para identificar sus características: tendencia, estacionalidad y estacionaridad. Al observar la Gráfica 3.17 de secuencia se puede apreciar su pico más alto a mediados de 2008 seguido de una caída muy notoria en la

inflación. Esto se debe a que, en Estados Unidos, la economía entró en una fase recesiva en diciembre de 2007, que se fue agudizando a lo largo de 2008. El incremento de la cartera vencida en el sector hipotecario de Estados Unidos, primero en el de baja calidad y después de manera generalizada, afectó considerablemente el mercado de instrumentos respaldados por hipotecas.

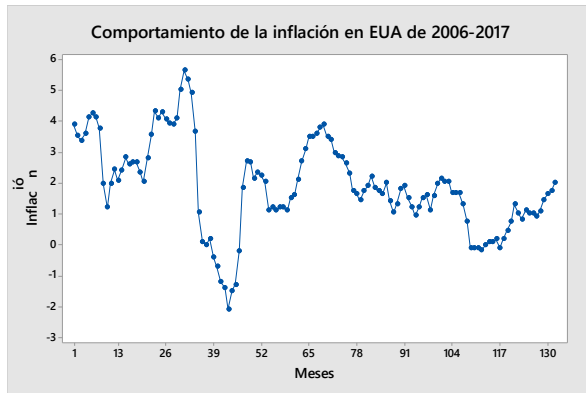
Los problemas en los mercados financieros se vieron agravados por la quiebra de Lehman Brothers en septiembre de 2008. Este evento dio lugar a un fuerte incremento de la percepción de riesgo global, y aumentó la incertidumbre respecto de la calidad de algunos activos en poder de las instituciones financieras. Así, el costo del crédito interbancario aumentó abruptamente y la liquidez en los mercados financieros cayó aún más.

En Estados Unidos, la inflación general al consumidor se ubicó en julio de 2008 en 5.6 por ciento, la mayor desde 1991. Sin embargo, el descenso de los precios de los productos primarios contribuyó a que la inflación general se redujera con rapidez, ocasionando además que en el último trimestre de este año se observaran los mayores retrocesos mensuales en la historia del índice, y que la inflación a tasa anual en diciembre se situara en 0.1 por ciento.

Los consumidores en Estados Unidos pagaron un 2.7 por ciento más por los bienes y servicios durante 2009, un aumento provocado especialmente por los combustibles y que contrasta con la inflación del 0.1 por ciento que hubo un año antes.

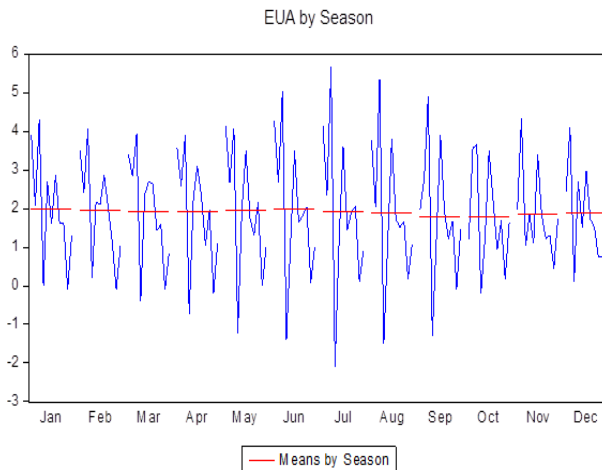
En todo 2009, la producción industrial de Estados Unidos cayó un 9.7 por ciento. Se trata de la disminución más pronunciada desde 1946, cuando fue de un 13.7 por ciento, coincidiendo con el cese de la segunda Guerra Mundial. Estados Unidos tuvo deflación como efecto de la recesión.

Gráfica 3.16: Comportamiento de la inflación en EUA.



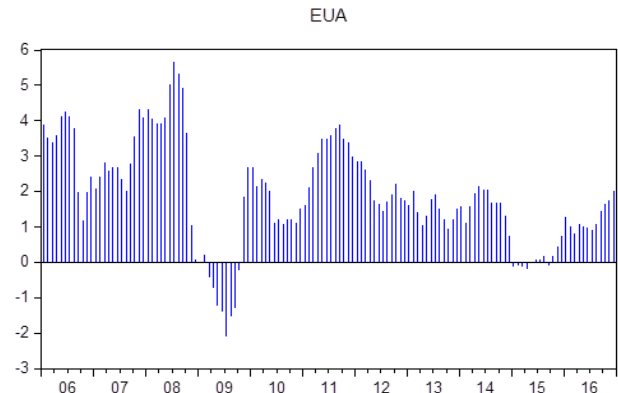
Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Gráfica 3.18: Subseries anuales.



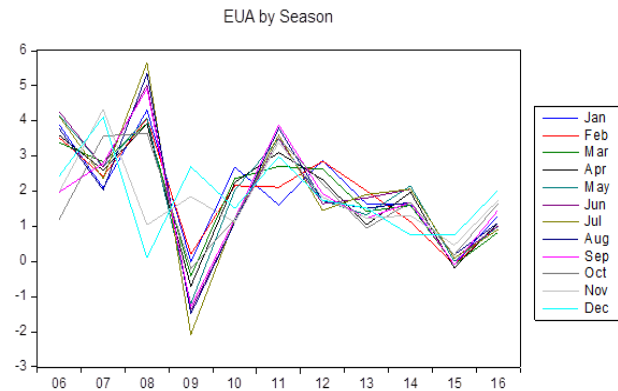
Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

Gráfica 3.17: Comportamiento de la inflación en EUA.



Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

Gráfica 3.19: Subseries estacionales.



Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

En la tendencia se produce un aumento y después viene una caída repentina, para retomar su camino hacia el alza y se estabiliza en un breve lapso, lo que indica que la media no es constante y existe una variabilidad regular por lo que hay que inducir la estacionaridad. En la Gráfica 3.18 y la Gráfica 3.19 se puede notar un patrón estacional por ello analizaremos la FAC y la FACP. En el caso de que la FAC decaiga lento, estaría implicando que el proceso es no estacionario, pero posiblemente estacionario en alguna diferencia.

Gráfica 3.20: Correlogramas de la FAC y FACP de EUA

Sample: 2006M01 2016M12
Included observations: 132

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.933	0.933	117.54	0.000
		2	0.813	-0.44...	207.43	0.000
		3	0.682	0.018	271.28	0.000
		4	0.558	-0.02...	314.35	0.000
		5	0.439	-0.09...	341.15	0.000
		6	0.335	0.054	356.86	0.000
		7	0.238	-0.11...	364.86	0.000
		8	0.143	-0.07...	367.79	0.000
		9	0.062	0.056	368.34	0.000
		1...	-0.00...	-0.08...	368.35	0.000
		1...	-0.07...	-0.08...	369.21	0.000
		1...	-0.13...	0.087	371.69	0.000
		1...	-0.12...	0.377	374.00	0.000
		1...	-0.08...	-0.07...	375.04	0.000
		1...	-0.02...	0.015	375.16	0.000
		1...	0.014	-0.14...	375.19	0.000
		1...	0.033	-0.14...	375.36	0.000
		1...	0.029	0.017	375.48	0.000
		1...	0.013	-0.06...	375.51	0.000
		2...	-0.01...	-0.09...	375.53	0.000
		2...	-0.02...	0.160	375.66	0.000
		2...	-0.04...	-0.03...	375.96	0.000
		2...	-0.05...	-0.09...	376.44	0.000
		2...	-0.05...	0.150	376.96	0.000
		2...	-0.05...	0.048	377.50	0.000
		2...	-0.07...	-0.12...	378.36	0.000
		2...	-0.10...	-0.02...	380.17	0.000
		2...	-0.13...	-0.01...	383.10	0.000
		2...	-0.13...	0.019	386.35	0.000
		3...	-0.13...	-0.09...	389.42	0.000
		3...	-0.12...	-0.06...	392.14	0.000
		3...	-0.10...	0.035	394.21	0.000
		3...	-0.09...	0.065	395.84	0.000
		3...	-0.09...	-0.02...	397.31	0.000
		3...	-0.08...	0.007	398.55	0.000
		3...	-0.07...	0.029	399.71	0.000

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

De los correlogramas podemos decir que la FAC decae medianamente a 0 y la FACP si decae rápidamente a 0 y tiene desfases significativos lo que confirma que la serie no es estacionaria.

Para comprobar que la serie no es estacionaria se realizan los test ADF y PP de raíces unitarias.

Tabla 3.13: Test Dickey-Fuller Aumentado (ADF).

Null Hypothesis: EUA has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 12 (Automatic - based on AIC, maxlag=12)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.635425	0.4614
Test critical values:		
1% level	-3.486064	
5% level	-2.885863	
10% level	-2.579818	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

Tabla 3.14: Test Phillips-Perron (PP).

Null Hypothesis: EUA has a unit root
 Exogenous: Constant
 Bandwidth: 2 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-2.769468	0.0655
Test critical values:		
1% level	-3.480818	
5% level	-2.883579	
10% level	-2.578601	

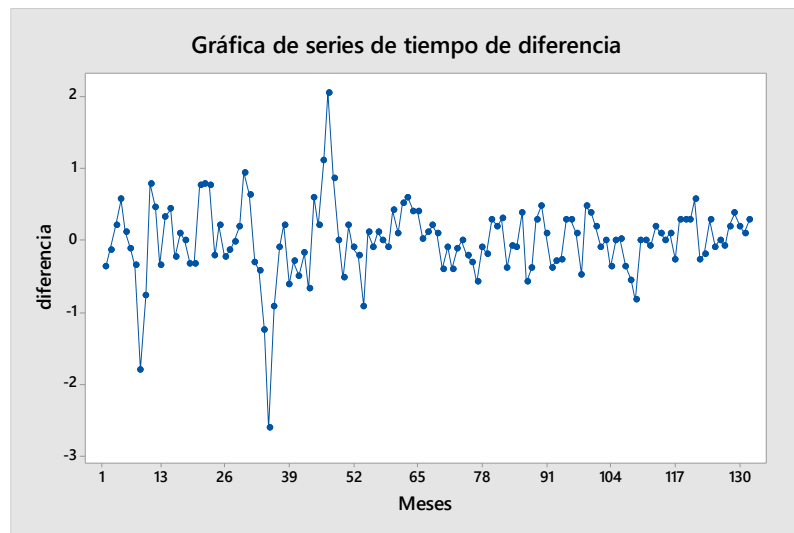
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Residual variance (no correction)	0.255914
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.438912

Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

Los test DFA y PP arrojaron un valor de (-1.635425) y (-2.769468) respectivamente, que resultaron ser superiores a los valores críticos tanto al 1%, 5% y 10% y un valor p mayor a 0.05 lo cual nos lleva a aceptar la hipótesis nula de que la serie presenta raíz unitaria, por lo tanto, la serie no es estacionaria. Para estabilizar la serie realizaremos una diferenciación.

Gráfica 3.21: Diferencia de EUA



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Se observa en la Gráfica 3.21 que la media y la varianza se han estabilizado, ya hemos inducido estacionaridad, aunque existen algunas variaciones atípicas. Ahora se realizan los test ADF y PP para comprobar la estacionariedad de la serie diferenciada.

Tabla 3.15: Test Dickey-Fuller Aumentado (ADF).

Null Hypothesis: D(EUA) has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 12 (Automatic - based on AIC, maxlag=12)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.729658	0.0001
Test critical values:		
1% level	-3.486551	
5% level	-2.886074	
10% level	-2.579931	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

Tabla 3.16: Test Phillips-Perron (PP).

Null Hypothesis: D(EUA) has a unit root
 Exogenous: Constant
 Bandwidth: 5 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-6.612006	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.481217	
5% level	-2.883753	
10% level	-2.578694	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.		
Residual variance (no correction)		0.209231
HAC corrected variance (Bartlett kernel)		0.179061

Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

Los test DFA y PP arrojaron un valor de (-4.729658) y (-6.612006) respectivamente, que resultaron ser inferiores a los valores críticos tanto al 1%, 5% y 10% y un valor p menor a 0.05 lo cual nos lleva a rechazar la hipótesis nula de que la serie presenta raíz unitaria, por lo tanto, la serie en su primera diferencia es estacionaria y ya es adecuada para estimar modelos.

3.3.2 Estimación del modelo.

Ahora se analizan la FAC y la FACP para proponer y estimar los modelos que describan el comportamiento de los datos.

Podemos notar en la Gráfica 3.22 que en la FAC decae rápidamente a 0 y tiene un patrón sinusoidal, tiene los retardos 1 y 12 significativos en la parte estacional y en la parte no estacional solo es significativo el retardo 13, por otro lado, el correlogramas de la FACP muestra significancia en los desfases 15 y 20 en la parte no estacional y los desfases 1 y 12 en la parte estacional.

Gráfica 3.22: Correlogramas de la FAC y FACP de la serie diferenciada.

Sample: 2006M01 2016M12
Included observations: 131

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.463	0.463	28.789	0.000
		2	0.093	-0.15...	29.948	0.000
		3	-0.06...	-0.05...	30.504	0.000
		4	-0.07...	0.001	31.171	0.000
		5	-0.13...	-0.13...	33.735	0.000
		6	-0.05...	0.078	34.154	0.000
		7	0.000	-0.01...	34.154	0.000
		8	-0.00...	-0.04...	34.164	0.000
		9	-0.04...	-0.02...	34.436	0.000
		1...	-0.06...	-0.05...	35.074	0.000
		1...	-0.15...	-0.13...	38.497	0.000
		1...	-0.46...	-0.45...	69.802	0.000
		1...	-0.31...	0.109	84.783	0.000
		1...	-0.14...	-0.10...	87.686	0.000
		1...	0.120	0.183	89.843	0.000
		1...	0.191	0.048	95.347	0.000
		1...	0.187	-0.06...	100.70	0.000
		1...	0.115	0.091	102.73	0.000
		1...	0.082	-0.01...	103.78	0.000
		2...	-0.08...	-0.18...	104.90	0.000
		2...	-0.08...	0.004	106.10	0.000
		2...	-0.05...	-0.09...	106.65	0.000
		2...	-0.07...	-0.13...	107.61	0.000
		2...	-0.01...	-0.18...	107.67	0.000
		2...	0.122	0.168	110.10	0.000
		2...	0.152	-0.06...	113.94	0.000
		2...	-0.03...	-0.00...	114.19	0.000
		2...	-0.18...	-0.06...	120.24	0.000
		2...	-0.14...	0.032	123.66	0.000
		3...	-0.07...	-0.00...	124.64	0.000
		3...	-0.04...	-0.00...	125.06	0.000
		3...	0.057	-0.13...	125.64	0.000
		3...	0.130	0.063	128.66	0.000
		3...	0.132	-0.04...	131.78	0.000
		3...	0.090	-0.05...	133.24	0.000
		3...	0.026	-0.15...	133.36	0.000

Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

Por lo anterior se propone el modelo siguiente:

$$\text{SARIMA } (1,1,2) \times (1,0,1)_{12}$$

Del modelo anterior se obtuvieron las siguientes estimaciones:

Tabla 3.17: Estimaciones finales de los parámetros.

Tipo	Coef	SE Coef	Valor T	Valor p
AR 1	0,742	0,692	1,07	0,286
SAR 12	-0,2188	0,0929	-2,36	0,020
MA 1	0,294	0,683	0,43	0,667
MA 2	0,380	0,290	1,31	0,192
SMA 12	0,8844	0,0768	11,51	0,000
Constante	-0,00496	0,00169	-2,93	0,004

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Como parte importante para la toma de decisiones de la elección del modelo, se verifico el nivel de significancia de los parámetros que se muestran en la tabla 3.17, y en caso de que sus valores fueran mayores a 0.05 se procedió a eliminarlos, en este caso el parámetro MA(1) resulto ser el mayor, por lo tanto, se eliminó.

Con base en lo anterior se propone el siguiente modelo:

SARIMA (1,1,1) X (1,0,1)₁₂

Tabla 3.18: Estimaciones finales de los parámetros.

Tipo	Coef	SE Coef	Valor T	Valor p
AR 1	0,135	0,181	0,75	0,456
SAR 12	-0,2412	0,0905	-2,67	0,009
MA 1	-0,377	0,168	-2,25	0,026
SMA 12	0,8856	0,0734	12,07	0,000
Constante	-0,01621	0,00598	-2,71	0,008

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

De los resultados que arrojó la estimación se observa en la tabla 3.18, que los parámetros están dentro de los límite de 0.05, excepto el AR(1), por lo que se retiró del modelo y se propuso el siguiente:

SARIMA (0,1,1) X (1,0,1)₁₂

Tabla 3.19: Estimaciones en cada iteración.

Iteración	SSE	Parámetros			
0	40,1057	0,100	0,100	0,100	0,077
1	29,5112	0,019	-0,050	0,181	0,046
2	23,4782	-0,046	-0,200	0,258	0,023
3	21,4904	0,038	-0,250	0,408	0,012
4	19,5169	0,107	-0,301	0,558	0,003
5	17,7220	0,164	-0,346	0,708	0,002
6	15,1356	0,127	-0,423	0,858	-0,011
7	13,9974	-0,023	-0,461	0,865	-0,015
8	13,4361	-0,166	-0,478	0,879	-0,018
9	13,3489	-0,214	-0,473	0,884	-0,019
10	13,3428	-0,215	-0,477	0,889	-0,018
11	13,3427	-0,215	-0,476	0,890	-0,018
12	13,3427	-0,215	-0,476	0,890	-0,018

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Tabla 3.20: Estimaciones finales de los parámetros.

Tipo	Coef	SE Coef	Valor T	Valor p
SAR 12	-0,2147	0,0908	-2,36	0,020
MA 1	-0,4760	0,0766	-6,21	0,000
SMA 12	0,8900	0,0729	12,21	0,000
Constante	-0,01842	0,00708	-2,60	0,010

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Tabla 3.21: Sumas de los cuadrados de los residuos.

GL	SC	MC
127	11,4367	0,0900524

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Tabla 3.22: Estadístico de chi-cuadrada modificado de Box-Pierce (Ljung-Box).

Desfase	12	24	36	48
Chi-cuadrada	9,04	28,20	40,11	56,39
GL	8	20	32	44
Valor p	0,339	0,105	0,154	0,100

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

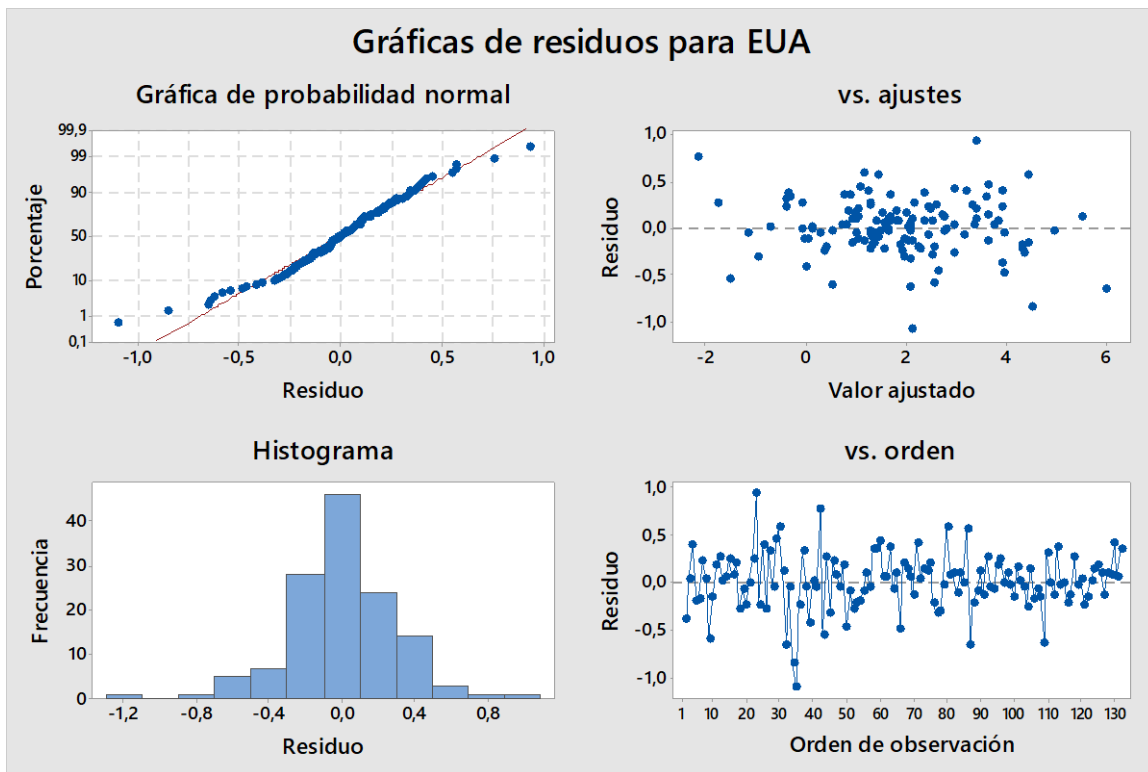
Después de estimar y considerar que los parámetros del modelo propuesto están dentro del 0.05% de significancia y un MC de 0.0900524, como se muestra en las tablas 3.20 y 3.21, el modelo SARIMA (0,1,1)x(1,0,1)₁₂ es el elegido para continuar con la metodología.

3.3.3 Verificación del modelo.

Se comienza a analizar la gráfica 3.23 de los residuales para comprobar que se comportan como ruido blanco, es decir, media cero y varianza constante.

La grafica de los residuales contra el tiempo nos indica que la media los residuales fluctúan alrededor de 0, solo sobresalen las observaciones atípicas mencionadas antes, por lo que la media es estadísticamente igual a 0. Para ver si los residuales se ajustan a la normal estudiaremos su histograma y su grafica de papel probabilidad.

Gráfica 3.23: Cuatro en uno de residuos para EUA



Fuente:

Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Se observa en el histograma que los residuos se centran más alrededor de 0, lo cual se comprueba en la gráfica de probabilidad normal porque los valores se sitúan en la línea recta, lo que da certeza de que los residuos se distribuyen normalmente.

La grafica de residuos vs ajustes nos muestra que los residuales se comportan de forma aleatoria.

La varianza parece ser constante para ello se realizó la prueba de Levene a un 95% de confianza, para la cual fue necesario dividir residuales en grupo de acuerdo con el año que correspondían, obteniendo así once grupos de datos, los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

Tabla 3.23: Método de prueba de igualdad de varianzas.

Hipótesis nula:	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

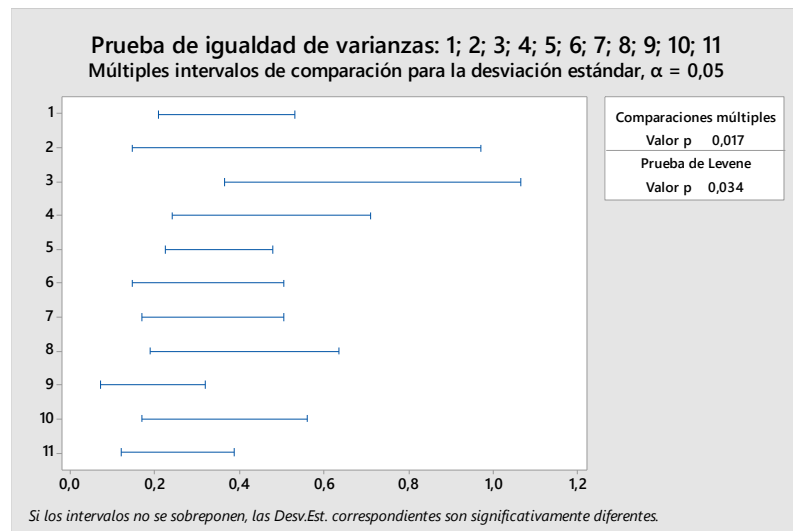
Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18

Tabla 3.24: Prueba de igualdad de varianzas.

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0,017
Levene	2,05	0,034

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18

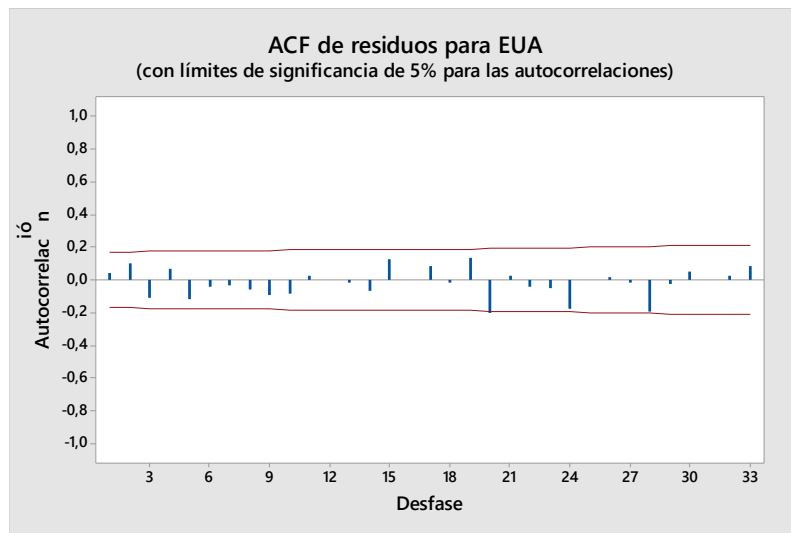
Gráfica 3.24: Prueba de igualdad de varianzas



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18

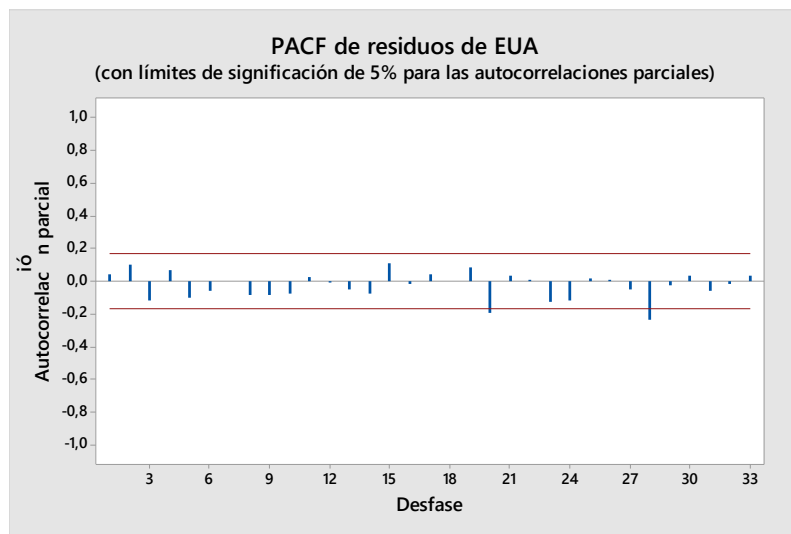
La prueba de Levene en la tabla 3.24 y en la Gráfica 3.24 arroja un valor p de 0.034 lo que indica que se rechaza la hipótesis nula, es decir por lo menos una varianza es diferente. Se continuará con el análisis de residuales mediante sus correlogramas de FAC y FACP.

Gráfica 3.25: Correlograma de la FAC de los residuos



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

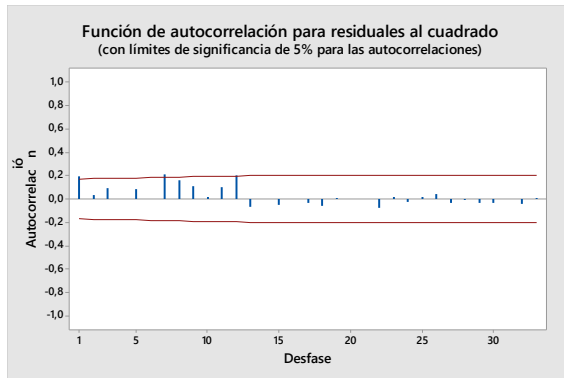
Gráfica 3.26: Correlograma de la FACP de los residuos



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

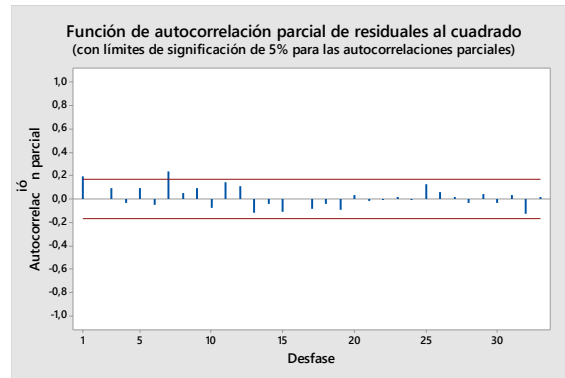
En las gráficas 3.25 y 3.26 se muestra que los residuos no están correlacionados ya que están dentro de los límites de significancia por lo tanto son estadísticamente igual a 0. Ahora se analizan los correlogramas de los residuos al cuadrado.

Gráfica 3.27: Correlograma de la FAC de los residuos al cuadrado



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18

Gráfica 3.28: Correlograma la FACP de los residuos al cuadrado



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18

Los correlogramas de los residuales al cuadrado se muestran en las Gráficas 3.27 y 3.28, algunos desfases que sobre salen de los límites de significancia, esto puede deberse a valores atípicos en la serie, aunque la mayoría son estadísticamente igual a 0.

Después del análisis de los residuales se puede decir que el modelo SARIMA $(0,1,1) \times (1,0,1)_{12}$ es adecuado para pronosticar.

3.4 Serie de tiempo: la inflación en Canadá.

3.4.1 Identificación del modelo.

El primer paso para la identificación del modelo es observar las características del comportamiento de la serie mediante la gráfica de secuencia de la inflación, en este caso, Canadá.

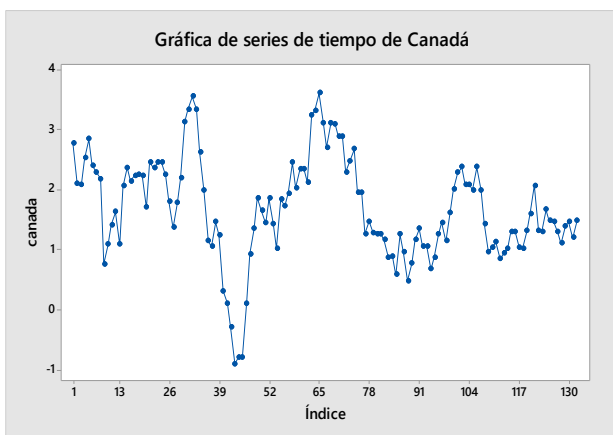
En la Gráfica 3.29 se aprecia una ligera tendencia a la baja aunque tenemos una caída muy marcada en la observación 43 que corresponde al mes de septiembre de 2009 donde Canadá presentó inflación negativa; la crisis canadiense, estuvo vinculada al efecto de la burbuja hipotecaria estadounidense ya que EUA es su mayor socio comercial aunque, sus consecuencias fueron atenuadas gracias a la política gubernamental de promoción a la vivienda, la cual no subsidia el endeudamiento como en Estados Unidos.

Debido a su relativa invulnerabilidad, dentro de los altos círculos gubernamentales canadienses se afirmó reiteradamente que Canadá era uno de los pocos países en el mundo en donde no había ocurrido una crisis económica generalizada, sino más bien una recesión.

Canadá entró oficialmente en recesión en octubre de 2008, un año después, la tasa de desempleo había aumentado a su nivel más alto en más de una década y estuvo a punto de igualar las tasas registradas en las crisis ocurridas en 1982 y 1989-1990.

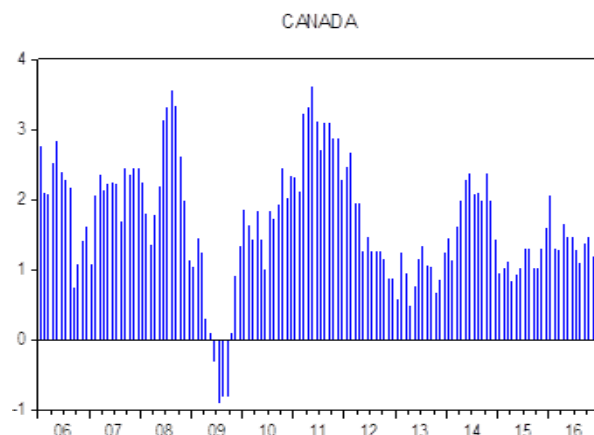
También se observó una caída en el índice de precios al consumidor, cercana 0.9% en junio de 2009, derivado por la falta de demanda de la mayoría de los bienes y servicios, exceptuando alimentos y energéticos. Este efecto negativo siguió hasta septiembre del mismo año, para después empezar a revertirse.

Gráfica 3.29: Comportamiento de la inflación en Canadá.



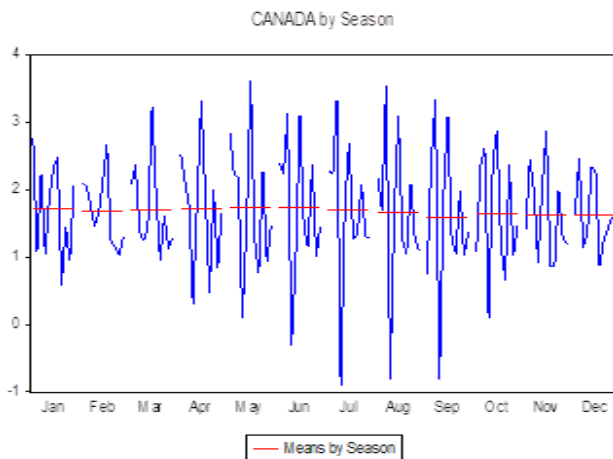
Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Gráfica 3.30: comportamiento de la inflación en Canadá.



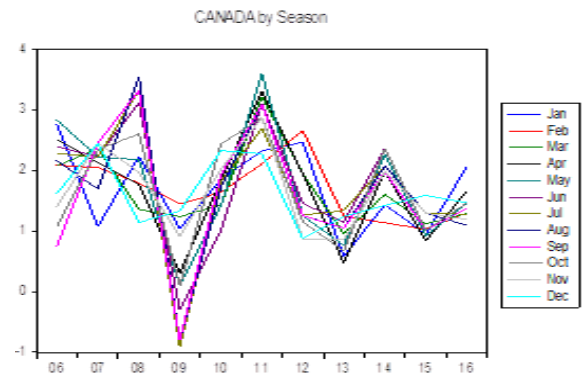
Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

Gráfica 3.31: Subseries anuales.



Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

Gráfica 3.32: Subseries estacionales.



Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

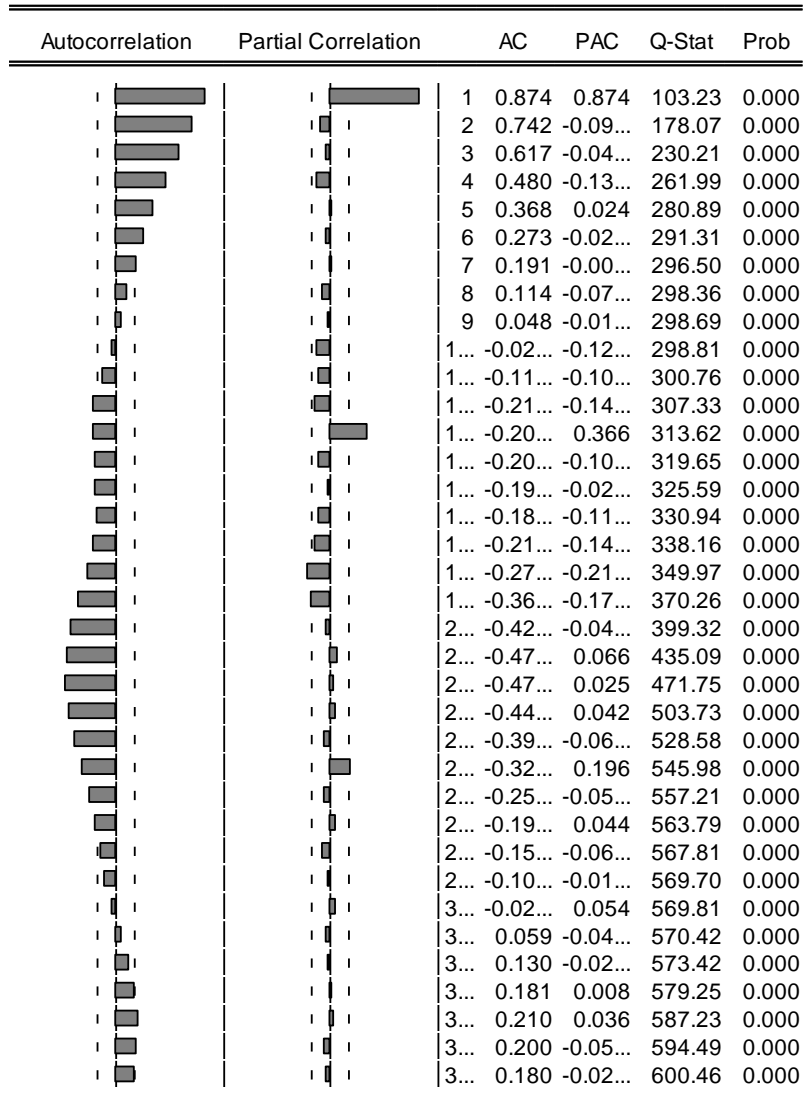
Todos los gráficos anteriores muestran claramente la presencia de estacionalidad mensual. La gráfica 3.31 de las subseries anuales presenta evoluciones paralelas de los datos en los distintos meses de todos los años. La Gráfica 3.32Gráfica 3.4 de las subseries estacionales muestra claramente las secciones similares de las estaciones.

De la graficas anteriores se concluyó que la serie es cíclica, tiene varianza heterocedástica, es decir, tiene inestabilidad en la varianza y su tendencia es hacia la baja por lo que su media no es constante. Pero la estacionalidad, así como la estacionariedad, también pueden detectarse a través de las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial estimadas.

Veamos qué ocurre si dibujamos la FAC y la FACP.

Gráfica 3.33: Correlogramas de la FAC y FACP de Canadá

Sample: 2006M01 2016M12
Included observations: 132



Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

Los correlogramas de la Gráfica 3.33 muestran que la FAC no decae rápidamente a 0, esto quiere decir que la FAC presenta un comportamiento típico de una serie no estacionaria, mientras que la FACP tiene desfases significativos en la parte estacional que van decayendo. Para confirmar que la serie no es estacionaria se realizan los tests ADF y PP que muestran a continuación:

Tabla 3.25: Test Dickey-Fuller Aumentado (ADF)

Null Hypothesis: CANADA has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.014506	0.0361
Test critical values:		
1% level	-3.480818	
5% level	-2.883579	
10% level	-2.578601	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

Tabla 3.26: Test Phillips-Perron (PP).

Null Hypothesis: CANADA has a unit root

Exogenous: Constant

Bandwidth: 0 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-3.014506	0.0361
Test critical values:		
1% level	-3.480818	
5% level	-2.883579	
10% level	-2.578601	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

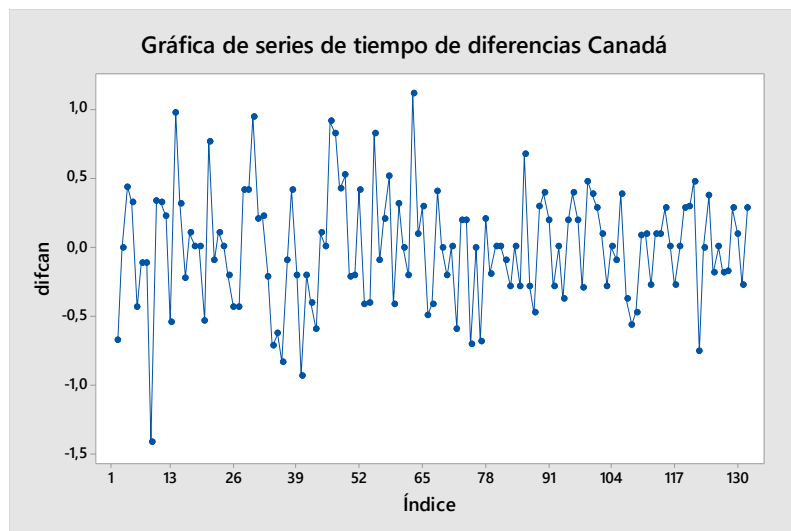
Residual variance (no correction)	0.16180...
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.16180...

Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

Los test DFA y PP arrojaron un valor de (-3.014506) y (-3.014506) respectivamente, que resultaron ser superiores a los valores críticos tanto al 5% y 10% y un valor p menor a 0.05 lo cual nos lleva a aceptar la hipótesis nula de que la serie presenta raíz unitaria, por lo tanto, la serie no es estacionaria al 100% por lo tanto, se confirma la necesidad de hacer una diferenciación de orden 1 para inducir la estacionaridad.

A continuación, se presenta la serie una vez tomada la diferenciación de primer orden.

Gráfica 3.34: Diferencias de Canadá



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

En la Gráfica 3.34 se muestra que después de la diferenciación la media y la varianza son constantes por lo que se ha logrado el objetivo de inducir la estacionaridad. Ahora se realizan los test ADF y PP para comprobar la estacionariedad de la serie diferenciada.

Tabla 3.27: Test Dickey-Fuller Aumentado (ADF)

Null Hypothesis: D(CANADA) has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-10.74055	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.481217	
5% level	-2.883753	
10% level	-2.578694	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

Tabla 3.28: Test Phillips-Perron (PP).

Null Hypothesis: D(CANADA) has a unit root

Exogenous: Constant

Bandwidth: 6 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-10.72846	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.481217	
5% level	-2.883753	
10% level	-2.578694	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.		
Residual variance (no correction)		0.170508
HAC corrected variance (Bartlett kernel)		0.148055

Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

Los test DFA y PP arrojaron un valor de (-10.74055) y (-10.72846) respectivamente, que resultaron ser inferiores a los valores críticos tanto al 1%, 5% y 10% y un valor p menor a 0.05 lo cual nos lleva a rechazar la hipótesis nula de que la serie presenta raíz unitaria, por lo tanto, la serie en su primera diferencia es estacionaria y ya es adecuada para estimar modelos.

3.4.2 Estimación del modelo.

El siguiente paso es estudiar la FAC y la FACP de las diferencias para poder decidir los componentes del modelo.

Gráfica 3.35: Correlogramas de la FAC y FACP de las diferencias de Canadá

Sample: 2006M01 2016M12
Included observations: 131

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.060	0.060	0.4764	0.490
		2	-0.03...	-0.03...	0.5991	0.741
		3	0.029	0.033	0.7117	0.870
		4	-0.12...	-0.13...	2.9430	0.567
		5	-0.04...	-0.02...	3.1861	0.671
		6	-0.05...	-0.06...	3.6190	0.728
		7	-0.00...	0.005	3.6309	0.821
		8	0.021	0.002	3.6918	0.884
		9	0.030	0.025	3.8219	0.923
		1...	0.020	0.001	3.8778	0.953
		1...	0.038	0.035	4.0877	0.967
		1...	-0.40...	-0.42...	27.834	0.006
		1...	-0.04...	0.022	28.193	0.009
		1...	-0.00...	-0.04...	28.198	0.013
		1...	-0.02...	0.037	28.293	0.020
		1...	0.166	0.077	32.444	0.009
		1...	0.126	0.116	34.854	0.007
		1...	0.101	0.040	36.424	0.006
		1...	-0.03...	-0.07...	36.661	0.009
		2...	-0.13...	-0.16...	39.689	0.005
		2...	-0.16...	-0.14...	44.071	0.002
		2...	-0.16...	-0.16...	48.303	0.001
		2...	-0.08...	-0.03...	49.569	0.001
		2...	-0.03...	-0.26...	49.728	0.002
		2...	0.027	0.004	49.845	0.002
		2...	0.038	-0.06...	50.081	0.003
		2...	0.053	0.019	50.550	0.004
		2...	-0.04...	-0.03...	50.838	0.005
		2...	-0.17...	-0.14...	55.964	0.002
		3...	-0.02...	0.007	56.100	0.003
		3...	0.042	-0.01...	56.407	0.003
		3...	0.095	-0.04...	58.005	0.003
		3...	0.118	-0.06...	60.467	0.002
		3...	0.195	0.025	67.323	0.001
		3...	0.080	0.009	68.481	0.001
		3...	-0.05...	-0.21...	69.012	0.001

Fuente: Elaboración propia utilizando Eviews 9.

En los correlogramas en la Gráfica 3.35 se muestra como la FAC y la FACP decaen a cero inmediatamente, con el retardo 12 significativo y el 24 en caso de la FACP, por lo tanto, hay estacionalidad.

Después de analizar las gráficas se propone un modelo que trate de ajustarse a los datos de forma significativa y se muestra a continuación:

-SARIMA (1,1,2) X (1,0,2)₁₂

Del modelo anterior se obtuvieron las siguientes estimaciones:

Tabla 3.29: Estimaciones finales de los parámetros.

Tipo	Coef	SE Coef	Valor T	Valor p
AR 1	0,682	0,279	2,45	0,016
SAR 12	-0,33	8,47	-0,04	0,969
MA 1	0,616	0,291	2,12	0,036
MA 2	0,1631	0,0960	1,70	0,092
SMA 12	0,59	8,49	0,07	0,944
SMA 24	0,29	7,76	0,04	0,971
Constante	-0,00193	0,00162	-1,19	0,237

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

El valor p del parámetro SAR(12) es el mayor de los que superan el nivel de significancia de 0.05 como se observa en la tabla 3.29, por lo que este modelo no se ajusta a los datos y procedemos a eliminar el parámetro en cuestión y se propone el siguiente modelo:

SARIMA (1,1,2) X (0,0,2)₁₂

Tabla 3.30: Estimaciones finales de los parámetros.

Tipo	Coef	SE Coef	Valor T	Valor p
AR 1	-0,067	0,817	-0,08	0,934
MA 1	-0,154	0,812	-0,19	0,850
MA 2	0,104	0,124	0,84	0,402
SMA 12	0,9200	0,0901	10,22	0,000
SMA 24	0,0028	0,0975	0,03	0,977
Constante	-0,00464	0,00512	-0,91	0,366

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

El valor p más alto que se observa en la tabla 3.30, es el del parámetro SMA(24), por lo que, este modelo no se ajusta a los datos y se propone el siguiente:

SARIMA (1,1,2) X (0,0,1)₁₂

Tabla 3.31: Estimaciones finales de los parámetros.

Tipo	Coef	SE Coef	Valor T	Valor p
AR 1	0,753	0,160	4,70	0,000
MA 1	0,693	0,182	3,81	0,000
MA 2	0,1787	0,0952	1,88	0,063
SMA 12	0,8668	0,0755	11,48	0,000
Constante	-0,001481	0,000874	-1,69	0,093

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

En la tabla 3.31 se muestra que el único valor p que rebasa el nivel de significancia de 0.05 es el del parámetro MA(2) por lo tanto, la metodología menciona que se debe excluir del modelo siguiente:

SARIMA (1,1,1) X (0,0,1)₁₂

Tabla 3.32: Estimaciones en cada iteración.

Iteración	SSE	Parámetros			
0	22,5618	0,100	0,100	0,100	0,081
1	19,2963	0,114	0,086	0,250	0,033
2	18,7550	-0,030	-0,064	0,286	0,032
3	18,2410	-0,174	-0,214	0,324	0,029
4	17,6902	-0,318	-0,364	0,364	0,025
5	17,1786	-0,463	-0,514	0,405	0,021
6	16,6088	-0,608	-0,664	0,451	0,016
7	15,8054	-0,751	-0,814	0,518	0,008
8	14,2847	-0,860	-0,945	0,668	-0,007
9	13,3531	-0,823	-0,917	0,818	-0,009
10	13,1506	-0,726	-0,845	0,902	-0,007
11	13,1220	-0,701	-0,826	0,890	-0,008
12	13,1200	-0,724	-0,842	0,888	-0,008
13	13,1196	-0,719	-0,838	0,887	-0,008
14	13,1196	-0,722	-0,841	0,887	-0,008
15	13,1196	-0,722	-0,841	0,887	-0,008

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Tabla 3.33: Estimaciones finales de los parámetros.

Tipo	Coef	SE Coef	Valor T	Valor p
AR 1	-0,722	0,187	-3,87	0,000
MA 1	-0,841	0,146	-5,77	0,000
SMA 12	0,8868	0,0687	12,90	0,000
Constante	-0,00846	0,00916	-0,92	0,358

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Tabla 3.34: Sumas de los cuadrados de los residuos.

GL	SC	MC
127	11,8227	0,0930919

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Tabla 3.35: Estadístico de chi-cuadrada modificado de Box-Pierce (Ljung-Box).

Desfase	12	24	36	48
Chi-cuadrada	4,08	19,90	28,76	34,11
GL	8	20	32	44
Valor p	0,850	0,464	0,631	0,858

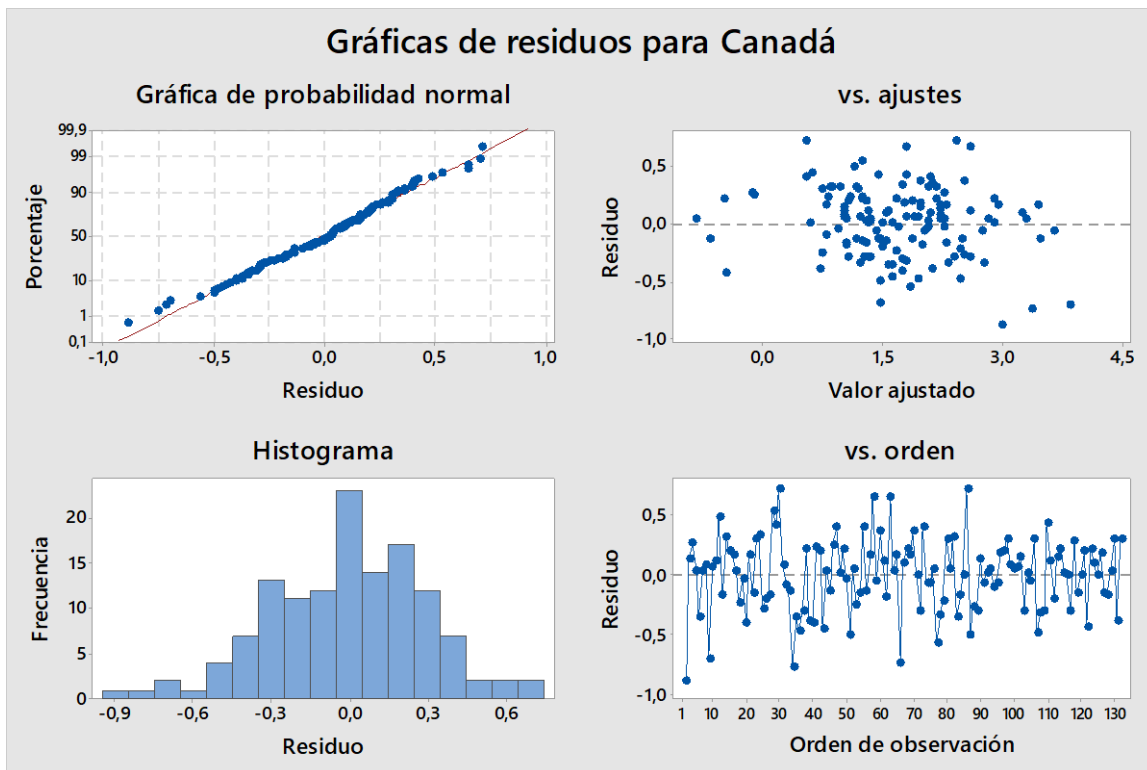
Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Después de estimar y considerar que los parámetros del modelo propuestos están dentro del 0.05 de significancia y su estadístico del cuadrado medio del error (MC), es 0.0930919, como se observa en las tablas 3.33 y 3.34, se concluye que el modelo SARIMA (1,1,1) X (0,0,1)₁₂ se ajusta a los datos y es adecuado para realizar pronósticos por lo que continuamos con la verificación.

3.4.3 Verificación del modelo.

Después de estimar los parámetros se procede a estudiar el comportamiento de los residuales para confirmar que el modelo se ajusta a los datos. Primero veremos la gráfica 3.36 de secuencia de los residuales.

Gráfica 3.36: Cuatro en uno para residuos de Canadá



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

La grafica de papel de probabilidad de los residuales nos muestra que se distribuyen normalmente, ya que tienen el comportamiento típico al seguir la línea recta.

Se puede confirmar que los residuales son independientes y se distribuyen normalmente, con media cero y varianza constante.

La grafica de residuos vs ajustes nos muestra que los residuales son independientes porque no se identifica un patrón.

Con el objetivo de verificar que los residuales se distribuyen normalmente se graficó su histograma. Como se puede observar los residuales se agrupan en el centro, es decir, tiene una media cero, por lo que se puede afirmar que los datos se distribuyen normalmente

Al observar el gráfico de residuos vs tiempo se observa que tiene un comportamiento típico de ruido blanco, es decir, tiene media cero y varianza constante.

Para seguir con la validación se realiza el estudio de homogeneidad de varianzas, para confirmar que la varianza es constante.

Tabla 3.36. Método de igualdad de varianzas

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

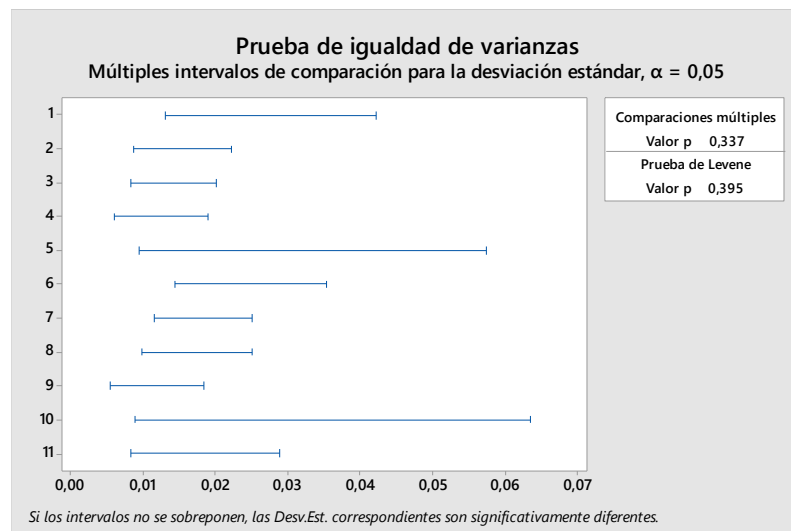
Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Tabla 3.37: Prueba de igualdad de varianzas.

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0,637
Levene	0,41	0,938

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

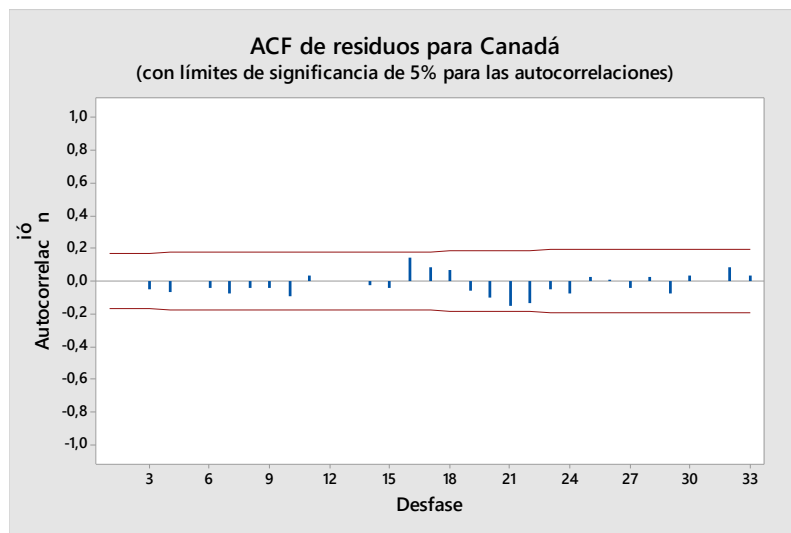
Gráfica 3.37: Prueba de igualdad de varianzas



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

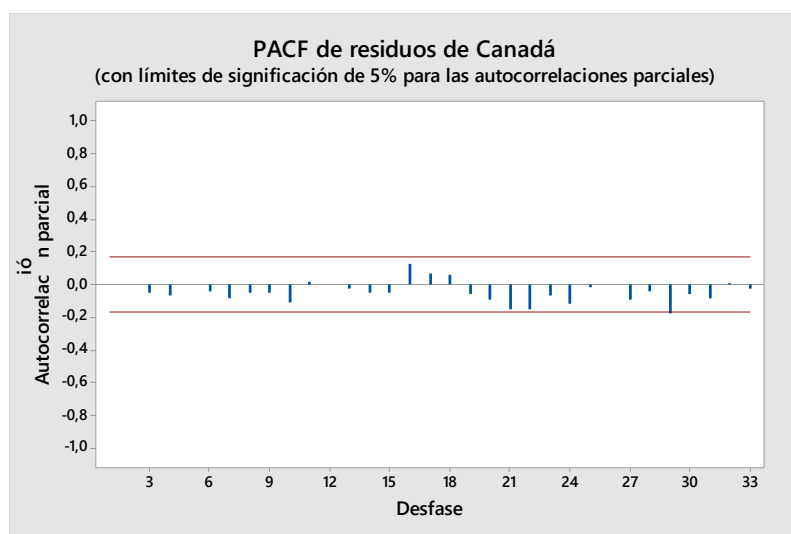
Dados los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas, en la gráfica 3.37 y en la tabla 3.37, se muestra que en la prueba de Levene arrojo un valor p igual a 0.395 por lo que se puede aceptar la hipótesis nula, lo que demuestra que la varianza es constante. Ahora se analizan los correlogramas de la FAC y FACP.

Gráfica 3.38: Correlograma de la FAC de los residuos



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

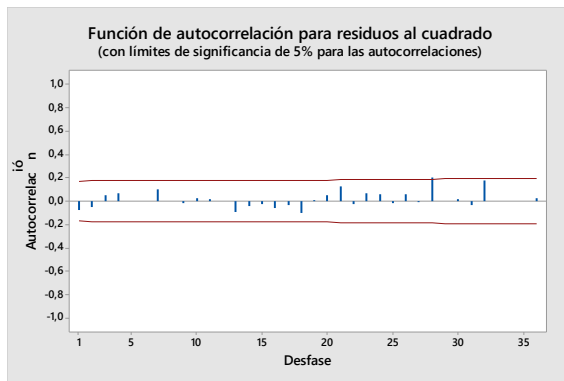
Gráfica 3.39: Correlograma de la FACP de los residuos



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

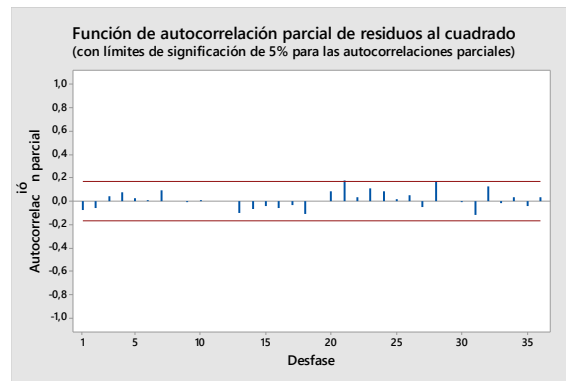
En las Gráficas 3.38 y 3.39 que los correlogramas de los residuales no tienen ningún retardo significativo, ya que se encuentran dentro de los límites de significancia a un intervalo de confianza del 95%, por lo tanto, los residuos no guardan correlación alguna y son independientes. Ahora se analizan los residuales al cuadrado.

Gráfica 3.40: Correlograma de la FAC de los residuos al cuadrado



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Gráfica 3.41: Correlograma de la FACP de los residuos al cuadrado



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

Los correlogramas de los residuales al cuadrado muestran que son estadísticamente igual a 0 al estar dentro de los límites y no están correlacionados, por lo tanto, son independientes.

Después del análisis de los residuales se puede decir que el modelo SARIMA $(1,1,1) \times (0,0,1)_{12}$ es adecuado para pronosticar.

En este capítulo se construyeron los modelos con la metodología Box & Jenkins de la inflación en México, estados unidos y Canadá ahora procederemos a realizar los pronósticos.

Capítulo 4 : Pronósticos.

En el presente capítulo se ofrecerán los resultados de la implementación de cada modelo. Después de la identificación, estimación y verificación de cada modelo que mejor se ajusta a los datos de la inflación en México, Estados Unidos y Canadá se procede a elaborar un pronóstico para el periodo señalado.

4.1 Inflación en México

En seguida se presenta una tabla que muestra los datos mensuales pronosticados con respecto a las observaciones reales, a partir de enero de 2017 a diciembre de 2017. A los datos pronosticados se les aplico una transformación para que coincidan con la serie original, dado que, se aplicó una transformación recíproca de raíz cuadrada a los datos iniciales para modelarlos.

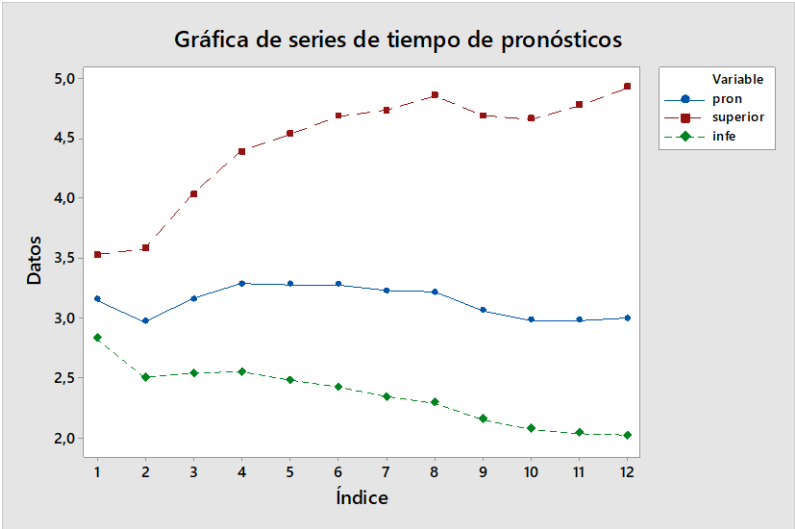
Tabla 4.1: Pronósticos.

Año	Pronósticos	Superior	Inferior
2017/01	3,14608	3,52062	2,82827
2017/02	2,96424	3,57326	2,49862
2017/03	3,15118	4,02803	2,53235
2017/04	3,27963	4,38412	2,54545
2017/05	3,27442	4,52988	2,47682
2017/06	3,27508	4,68104	2,41908
2017/07	3,22194	4,73322	2,33388
2017/08	3,21205	4,85409	2,28150
2017/09	3,05300	4,68447	2,14616
2017/10	2,97730	4,65697	2,06611
2017/11	2,97669	4,77009	2,03298
2017/12	2,99535	4,92263	2,01264

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18

La tabla 4.1 refleja que la inflación en México tendrá tendencia a la baja, por lo que el modelo elegido es capaz de predecir de una forma más certera los primeros valores de la inflación en el periodo elegido, lo cual se puede ver en la gráfica siguiente:

Gráfica 4.1: Pronósticos

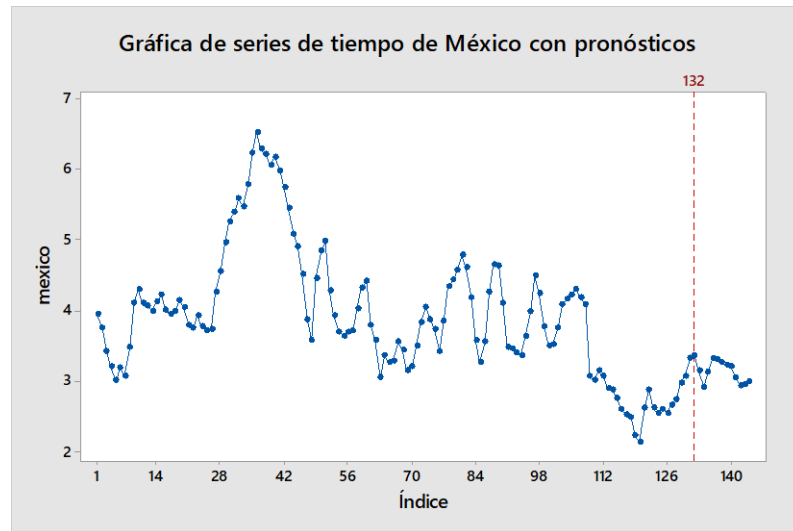


Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

En la gráfica 4.1 de los pronósticos se puede observar que la inflación disminuye en el segundo periodo para después aumentar y mantenerse constante en un lapso por lo que se confirma que el modelo propuesto se ajusta fielmente a los datos.

Para ver el comportamiento de los datos pronosticados con los datos muestrales se muestra la gráfica siguiente:

Gráfica 4.2: Inflación en México con pronósticos



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

En la gráfica 4.2 anterior se observa que los datos pronosticados de la inflación en México siguen con el patrón de los datos muestrales, por lo que se comprueba que el modelo SARIMA (0,1,2) X (0,0,1)₁₂ es eficiente para pronosticar.

4.2 Inflación en Estados Unidos.

Con el fin de observar el comportamiento futuro de la inflación en Estados Unidos, se propuso un modelo que ajustara a los datos de la serie original para pronosticar dicha variable de estudio. A continuación, se muestran los pronósticos mensuales arrojados por el modelo elegido de enero de 2017 a diciembre de 2017.

Tabla 4.2: Pronósticos.

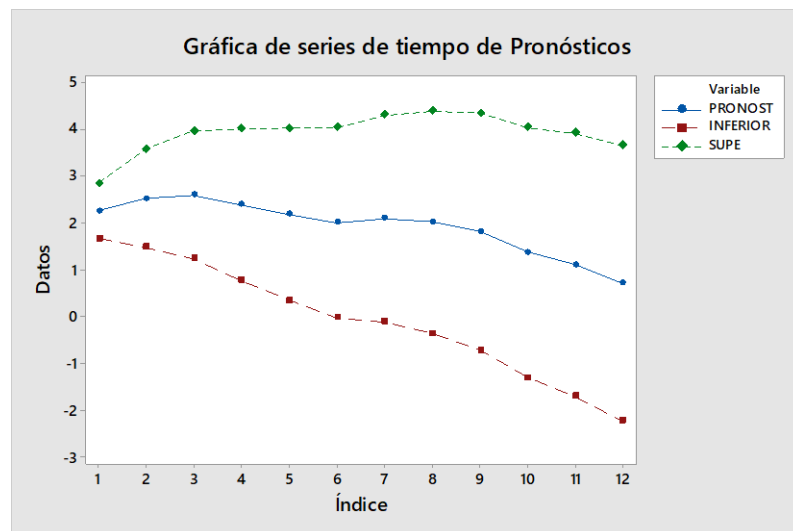
Año	Pronósticos	Límite Inferior	Límite Superior
2017/01	2,25226	1,66397	2,84055
2017/02	2,52895	1,48013	3,57778

Año	Pronósticos	Límite Inferior	Límite Superior
2017/03	2,60056	1,23895	3,96217
2017/04	2,39062	0,77570	4,00553
2017/05	2,18430	0,35076	4,01785
2017/06	2,01337	-0,01539	4,04212
2017/07	2,09575	-0,11101	4,30252
2017/08	2,01473	-0,35672	4,38617
2017/09	1,81471	-0,71070	4,34012
2017/10	1,37305	-1,29747	4,04357
2017/11	1,11582	-1,69231	3,92396
2017/12	0,71321	-2,22610	3,65253

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

La tabla 4.2 muestra que la inflación en Estados Unidos incrementa en los primeros meses del 2017 para después caer, es decir, tienen tendencia a la baja.

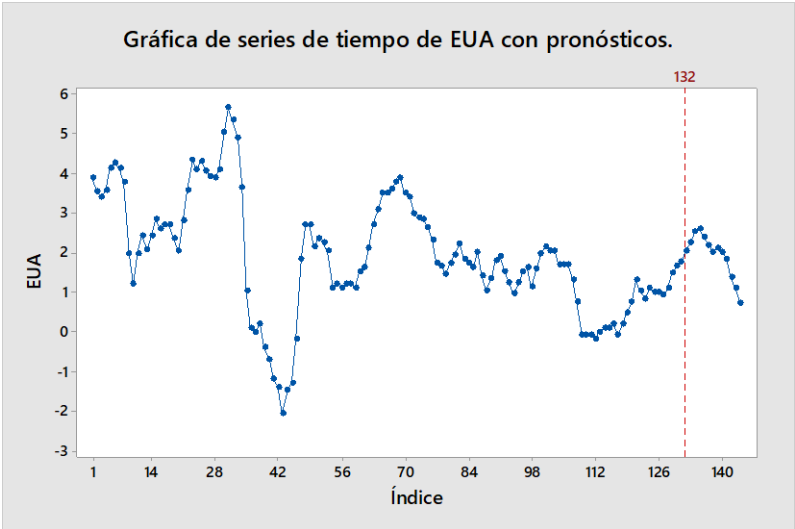
Gráfica 4.3: Pronósticos



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

La grafica 4.3 de los pronósticos muestra que la inflación aumentara en los primeros meses para después continuar con una tendencia a la baja, recuperarse en el tercer trimestre y después volver a caer. Se observa en la gráfica 4.4 que las predicciones del modelo son más certeras en plazo inmediato.

Gráfica 4.4: Inflación de EUA con Pronósticos



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

4.3 Inflación en Canadá.

Del modelo propuesto se obtuvieron las siguientes predicciones mensuales de la inflación en Canadá para el periodo de enero de 2017 a diciembre de 2017.

Tabla 4.3: Pronósticos

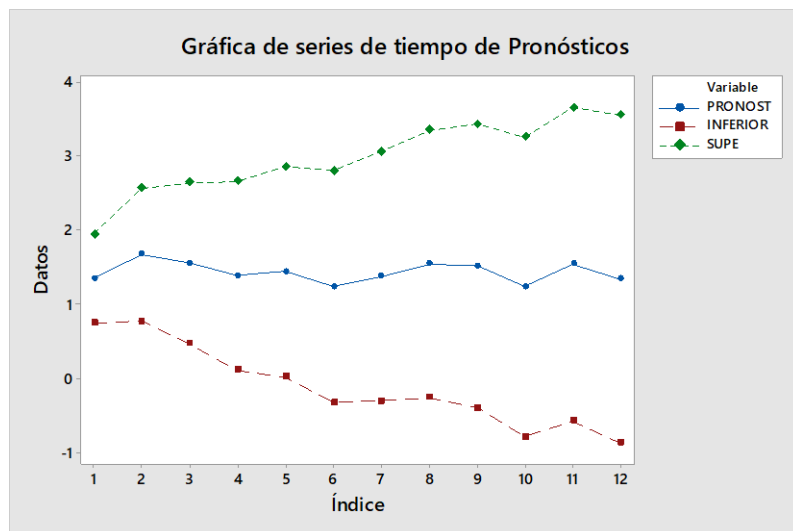
Año	Pronósticos	Inferior	Superior
2017/01	1,34310	0,74497	1,94124
2017/02	1,66837	0,77088	2,56587
2017/03	1,55284	0,46322	2,64246
2017/04	1,38258	0,11131	2,65385

Año	Pronósticos	Inferior	Superior
2017/05	1,43725	0,01925	2,85525
2017/06	1,24012	-0,31869	2,79894
2017/07	1,37586	-0,30678	3,05849
2017/08	1,54007	-0,26144	3,34159
2017/09	1,51645	-0,39414	3,42704
2017/10	1,23237	-0,78306	3,24780
2017/11	1,54004	-0,57389	3,65398
2017/12	1,33576	-0,87308	3,54460

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

La tabla 4.3 nos muestra que la inflación en Canadá se mantendrá constante en el periodo señalado, esto puede deberse a que Canadá es una de las economías más estables del mundo.

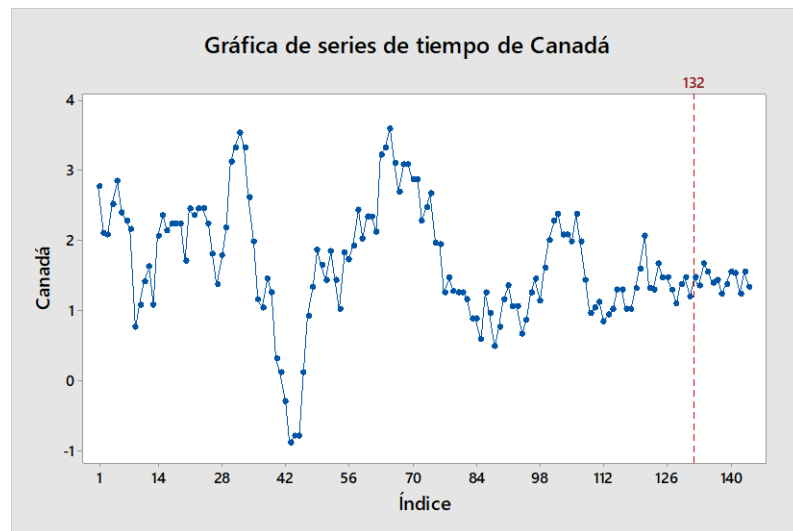
Gráfica 4.5: Pronósticos



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

En la gráfica 4.5 de los pronósticos podemos observar que las predicciones mensuales de la inflación en Canadá que se obtuvieron mantienen un patrón constante, con alzas y bajas, pero sin tendencia marcada.

Gráfica 4.6: Inflación en Canadá con Pronósticos



Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

En la gráfica 4.6 se observa que los datos pronosticados de la inflación en Canadá siguen con el patrón de los datos muestrales, por lo que se comprueba que el modelo SARIMA $(1,1,2) \times (0,0,1)_{12}$ es eficiente para pronosticar y se ajusta a los datos.

Se concluye que los modelos propuestos se ajustaron a los datos y generaron pronósticos aceptables.

Tabla 4.4: Comparativa de los Modelos de cada País.

País	Grados de libertad	SC	Error cuadrático medio (MSE)
México	127	0,0314155	0,0002474
Estados Unidos	127	11,4367	0,0900524
Canadá	127	11,8227	0,0930919

Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab 18.

La tabla 4.4 muestra el estadístico del error cuadrático medio, que es una medida de exactitud del modelo ajustado donde los valores más pequeños del cuadrado medio del error indican un mejor ajuste del modelo, por lo tanto, se concluye que el modelo que mejor se ajusta a los datos es el de México, porque su MSE es de 0.0002474 y es menor al de EUA y Canadá, esto se debe a que al construir el modelo para los datos de la inflación en México se realizó una suavización mediante una transformación y una diferenciación, por lo que, la suma de cuadrados de los residuos disminuyó considerablemente, aunque esto puede traer como consecuencia pronósticos menos certeros.

Conclusiones.

Una vez concluido éste trabajo de investigación y con base en los resultados obtenidos por los modelos se puede concluir que la metodología recursiva Box-Jenkins permitió la construcción de modelos capaces de describir el comportamiento de la inflación en México, Estados Unidos y Canadá cumpliendo con los requisitos que plantea la metodología para considerar que un modelo es adecuado para generar pronósticos como se planteó en la hipótesis.

Para concluir de acuerdo con las hipótesis planteadas en esta investigación se comprueba que la inflación en México es más complicada de predecir debido a que se necesita un mayor suavizamiento en los datos que en países como Canadá y Estados Unidos, también se comprueba que la metodología Box & Jenkins sirvió para construir modelos que se ajustan a los datos de la inflación en América del Norte para generar pronósticos.

El trabajo que se presenta abre nuevas líneas de investigación como sería el estudio de la inflación en el resto del continente americano, tomando en cuenta factores que afectan a la inflación de cada país utilizando otras metodologías como por ejemplo redes neuronales.

Las limitaciones de este trabajo de investigación fueron que estos modelos presentan la desventaja de no tomar en consideración información respecto a las posibles intercorrelaciones de la variable objeto de estudio con otras del sistema económico.

Es importante que como profesionistas en Actuaría se analicen estos temas de inflación en regiones como América del Norte, ya que los riesgos que implica las perturbaciones en este indicador ponen en peligro la estabilidad económica de un país y a su vez reflejan la fortaleza económica que tiene.

Por otro lado, el considerar series de 132 observaciones fueron suficientes para construir modelos mediante la metodología Box-Jenkins, sin embargo, llama la atención que basta agregar un nuevo dato a la serie para estimar con mayor eficiencia una fecha futura cercana con una gran precisión, lo cual demuestra que el modelo de series de tiempo “recoge” la experiencia pasada y la incorpora a sí mismo para0 efectuar un pronóstico certero, siempre que se trate del corto plazo, encontrando que los pronósticos de los últimos meses son menos confiables con respecto a los primeros, aunque es posible que las nuevas observaciones sugieran replantear el modelo o elaborar uno totalmente nuevo.

Comparado con los modelos tradicionales de regresión para efectuar pronósticos, el modelo de series de tiempo no necesita ser “cargado” con valores supuestos de otras variables para obtener un pronóstico, lo que lo hace superior a esas herramientas generalmente usadas.

Cabe señalar que el uso del software estadístico facilita el proceso de análisis de los modelos, ya que de otra manera los costos de obtener una simple regresión o las pruebas de hipótesis sobre los estimadores serían bastante considerables, sin embargo, a través del computador se pueden efectuar corridas una y otra vez en cuestión de segundos por lo que modelos de series de tiempo como los vistos en el capítulo 3 pueden ser rápidamente implementados y de muy alta calidad en el pronóstico en situaciones donde la alta dirección requiere opciones para tomar decisiones inmediatas.

La dificultad básica, - que el pasado nunca puede ser una perfecta guía para el futuro - nos advierte que el pronosticar no debe considerarse como una aplicación rutinaria de ciertas técnicas o ideas teóricas de una lista de variables no cambiantes. Un buen pronóstico requiere de una mezcla experta de la teoría económica, conocimientos estadísticos importantes y perfecta familiarización con los datos estadísticos relevantes.

Un aspecto adicional de las técnicas aplicadas a lo largo de este trabajo es el juicio personal del analista apoyado en el análisis estadístico, pues si se encuentra involucrado directamente en la actividad que va a pronosticar, es indudable que tendrá mayores

elementos para considerar todos los factores que la influyen, lo cual es importante cuando se busca un buen pronóstico

El uso del pronóstico continúa ganando importancia en las organizaciones modernas debido al incremento en la complejidad de los negocios y al dinamismo de las actividades económicas, por lo que nuevas técnicas son desarrolladas para pronosticar series específicas.

Es claro que una constante actualización de los profesionales dedicados al pronóstico es indispensable para una mejor implementación de técnicas innovadoras, ya que de hecho no existe una técnica definitiva, sino que la mejor para los propósitos del analista es resultado de la aplicación una y otra vez de diversas técnicas y de la acumulación de experiencia.

Por último, es importante destacar que las series de tiempo pueden presentar observaciones atípicas causadas por factores externos no predecibles, en este estudio dichas intervenciones se debieron a la crisis internacional de 2008. De la misma manera los pronósticos están expuestos a este tipo de factores por lo que no se puede tener la certeza absoluta de que el comportamiento de la serie será como el que se pronostica. Sin otro comentario más que agregar se espera que la lectura, total o parcial, del presente trabajo haya sido de utilidad para el lector.

Bibliografía

- 1 Armstrong, J. C. (1992). Error measures for generalizing about forecasting methods: Empirical comparisons. *International Journal of Forecasting*(8), págs. 69-80.
- 2 Aznar, A., & Trivez, F. J. (1993). *Metodos de prediccion en economia II*. Ariel.
- 3 Banco de México. (10 de Octubre de 2017). *Banco de México*. Recuperado el 2017, de Banco de México: <http://www.banxico.org.mx>
- 4 Blanchard, O. (2004). *Macroeconomía* (2a Edición ed.). España: Pearson Educación.
- 5 Blinder, A. S. (1998). *Central Banking in Theory and Practice*. Massachusetts London , England: Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- 6 Bowerman, B. L., O'Connell, R., & Koehler, A. B. (2007). *Pronósticos, serises de tiempo y regresión*. CENGAGE Learning.
- 7 Box, G., & Jenkins, G. (1970).
- 8 Brown, B., & Maital, S. (1981). *What do Economists Know? An Empirical Study of Experts Expextations*. *Econometrica*.
- 9 Chatfield, C. (2004). *The Analysis of Time Series An Introduction*. CHAPMAN & HALL/CRC.
- 10 Chumacero. (12 de enero de 2001). Empirical Analysis of Systematic Errors in Chilean GDP Forecast. *Journal of Forecasting*, 20(1), págs. 37-45. doi:10.1002/1099-131X(200101)20:1<37::AID-FOR767>3.0.CO;2-6
- 11 Cukierman, A. (1996). *The Economics of Central Banking*. Recuperado el 2017
- 12 De Carvalho, F. A., Bugarin, M., Cépedes, L., & Jalil, M. (2006). Inflation Expectation in Latin America. *Economía*, 6(2), págs. 101-145. Recuperado el 2017
- 13 Espasa, A., & Cancelo, J. (1993). *Métodos Cuantitativos para el Análisis de la Coyuntura Económica*. Madrid: Alianza Editorial.
- 14 Espasa, A., & Molina, A. O. (1984). Forecasting the rate of inflation by means of consumer price index. *Fourth International Symposium on Forecasting*. Londres.
- 15 González, E. (2008). *Pronósticos de agregados a partir de desagregados. Caso empírico: Inflación de alimentos en Colombia*. Banco de la República. Borradores de Economía.

- 16 Guerrero Guzmán, V. M. (2009). *Análisis Estadístico y pronóstico de Series de Tiempo económicas*. Mexico: Thomson.
- 17 Hyndman, R. K. (2006). Another look at measures of forecast accuracy. *International Journal of Forecasting*(22), págs. 679-688.
- 18 Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (s.f.). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)*. Recuperado el 2017, de <http://www.inegi.gob.mx/>
- 19 Mancha, T., Villena, J., Casares, J., González, M., & Peinado, M. L. (2006). *Política Económica Elaboración, Objetivos e Instrumentos*. Madrid, Arabaca: McGraw-Hill.
- 20 Pérez López, C. (2006). *Problemas resueltos de Econometría*. Madrid: Thomson Editores.
- 21 Pérez, C. (2006). *Econometría de las Series Temporales*. Madrid, España: Pearson Educación,S.A. Recuperado el 2017
- 22 Tashman, L. (2000). Out-of-sample tests of forecasting: an analysis and review. *International Journal*(16), págs. 437-450.
- 23 Thomas, L. B. (1999). Survey Measures of Expected U.S. Inflation. *The journal of Economic Perspectives*, 13(4), págs. 125-144. Recuperado el 2017
- 24 Yaffee, R., & McGee, M. (s.f). *Introduction to time series analysis and forecasting*. ACADEMIC PRESS, INC.
- 25 Zarkowits, V. (1978). *On the Accuracy and properties of recent macroeconomic forecasts*. National Bureau of Economic Research. Recuperado el 2017

ANEXOS

En esta sección se presentan resultados que por su naturaleza pudieron resultar repetitivos u obvios para una explicación eficiente de los modelos. Los anexos se constituyen por la presentación de las tablas de las observaciones de la inflación en México, su transformación recíproca de la raíz, las diferencias de la serie transformada, residuos, ajustes y subgrupos para el análisis de varianzas iguales, (Anexo A), las tablas de las observaciones de la inflación en EUA, las diferencias de la serie, residuos, ajustes y subgrupos para el análisis de varianzas iguales, (Anexo B) y las tablas de las observaciones de la inflación en Canadá, las diferencias de la serie, residuos y subgrupos para el análisis de varianzas iguales,(Anexo C).

Anexo A: México

Tabla 1: La inflación en México de enero de 2006 a diciembre de 2016.

Año/Mes	México	Transformada	Diferencia de la Transformada
2006/01	3,93500	0.504113	
2006/02	3,74837	0.516510	0,01240
2006/03	3,41244	0.541337	0,02483
2006/04	3,19654	0.559319	0,01798
2006/05	2,99588	0.577747	0,01843
2006/06	3,18387	0.560431	-0,01732
2006/07	3,06346	0.571339	0,01091
2006/08	3,46585	0.537149	-0,03419
2006/09	4,09315	0.494278	-0,04287
2006/10	4,29225	0.482678	-0,01160
2006/11	4,09028	0.494451	0,01177
2006/12	4,05328	0.496703	0,00225
2007/01	3,98092	0.501197	0,00449
2007/02	4,11225	0.493129	-0,00807
2007/03	4,20684	0.487553	-0,00558
2007/04	3,99213	0.500493	0,01294
2007/05	3,94757	0.503309	0,00282
2007/06	3,98261	0.501090	-0,00222
2007/07	4,13869	0.491551	-0,00954
2007/08	4,03207	0.498008	0,00646
2007/09	3,79206	0.513526	0,01552
2007/10	3,74297	0.516882	0,00336
2007/11	3,92955	0.504462	-0,01242
2007/12	3,75904	0.515776	0,01131
2008/01	3,70437	0.519569	0,00379
2008/02	3,72274	0.518285	-0,00128
2008/03	4,24888	0.485135	-0,03315
2008/04	4,54854	0.468882	-0,01625
2008/05	4,94756	0.449577	-0,01931
2008/06	5,25546	0.436209	-0,01337
2008/07	5,39439	0.430555	-0,00565
2008/08	5,57294	0.423602	-0,00695
2008/09	5,47341	0.427436	0,00383
2008/10	5,77993	0.415948	-0,01149
2008/11	6,23286	0.400550	-0,01540
2008/12	6,52815	0.391386	-0,00916
2009/01	6,28240	0.398967	0,00758
2009/02	6,20134	0.401566	0,00260
2009/03	6,04372	0.406769	0,00520
2009/04	6,17327	0.402478	-0,00429
2009/05	5,97852	0.408981	0,00650
2009/06	5,73612	0.417533	0,00855

Año/Mes	México	Transformada	Diferencia de la Transformada
2009/07	5,43654	0.428883	0,01135
2009/08	5,08196	0.443593	0,01471
2009/09	4,89426	0.452019	0,00843
2009/10	4,49950	0.471431	0,01941
2009/11	3,86101	0.508920	0,03749
2009/12	3,57354	0.528994	0,02007
2010/01	4,45734	0.473655	-0,05534
2010/02	4,83005	0.455013	-0,01864
2010/03	4,97040	0.448543	-0,00647
2010/04	4,27098	0.483878	0,03534
2010/05	3,91664	0.505293	0,02141
2010/06	3,69315	0.520357	0,01506
2010/07	3,63600	0.524431	0,00407
2010/08	3,67580	0.521584	-0,00285
2010/09	3,69910	0.519938	-0,00165
2010/10	4,02454	0.498473	-0,02146
2010/11	4,31688	0.481299	-0,01717
2010/12	4,40159	0.476645	-0,00465
2011/01	3,78204	0.514206	0,03756
2011/02	3,57233	0.529083	0,01488
2011/03	3,03951	0.573586	0,04450
2011/04	3,36067	0.545490	-0,02810
2011/05	3,24929	0.554761	0,00927
2011/06	3,27647	0.552455	-0,00231
2011/07	3,54716	0.530957	-0,02150
2011/08	3,42369	0.540447	0,00949
2011/09	3,13677	0.564623	0,02418
2011/10	3,19565	0.559397	-0,00523
2011/11	3,48269	0.535849	-0,02355
2011/12	3,81876	0.511728	-0,02412
2012/01	4,04677	0.497102	-0,01463
2012/02	3,86863	0.508419	0,01132
2012/03	3,72928	0.517830	0,00941
2012/04	3,41208	0.541365	0,02353
2012/05	3,85123	0.509566	-0,03180
2012/06	4,33522	0.480280	-0,02929
2012/07	4,41997	0.475653	-0,00463
2012/08	4,56794	0.467886	-0,00777
2012/09	4,77177	0.457784	-0,01010
2012/10	4,59609	0.466451	0,00867
2012/11	4,17985	0.489125	0,02267
2012/12	3,56829	0.529383	0,04026
2013/01	3,25457	0.554311	0,02493
2013/02	3,55229	0.530574	-0,02374
2013/03	4,25227	0.484942	-0,04563

Año/Mes	México	Transformada	Diferencia de la Transformada
2013/04	4,64942	0.463768	-0,02117
2013/05	4,63142	0.464668	0,00090
2013/06	4,08803	0.494587	0,02992
2013/07	3,47262	0.536626	0,04204
2013/08	3,45653	0.537873	0,00125
2013/09	3,39030	0.543101	0,00523
2013/10	3,35911	0.545617	0,00251
2013/11	3,61869	0.525683	-0,01993
2013/12	3,97404	0.501630	-0,02405
2014/01	4,48281	0.472307	-0,02932
2014/02	4,23444	0.485962	0,01365
2014/03	3,75865	0.515803	0,02984
2014/04	3,49671	0.534774	0,01897
2014/05	3,51022	0.533744	-0,00103
2014/06	3,75259	0.516220	-0,01752
2014/07	4,07241	0.495535	-0,02068
2014/08	4,14991	0.490886	-0,00465
2014/09	4,21758	0.486932	-0,00395
2014/10	4,29776	0.482368	-0,00456
2014/11	4,16787	0.489827	0,00746
2014/12	4,08132	0.494994	0,00517
2015/01	3,06564	0.571136	0,07614
2015/02	3,00027	0.577324	0,00619
2015/03	3,13707	0.564596	-0,01273
2015/04	3,06233	0.571444	0,00685
2015/05	2,87664	0.589600	0,01815
2015/06	2,87078	0.590201	0,00060
2015/07	2,73905	0.604227	0,01403
2015/08	2,58732	0.621691	0,01746
2015/09	2,51889	0.630080	0,00839
2015/10	2,47973	0.635035	0,00496
2015/11	2,21485	0.671936	0,03690
2015/12	2,13081	0.685058	0,01312
2016/01	2,61311	0.618616	-0,06644
2016/02	2,86725	0.590564	-0,02805
2016/03	2,60101	0.620053	0,02949
2016/04	2,54158	0.627261	0,00721
2016/05	2,59666	0.620572	-0,00669
2016/06	2,53799	0.627704	0,00713
2016/07	2,65483	0.613736	-0,01397
2016/08	2,72744	0.605512	-0,00822
2016/09	2,96895	0.580361	-0,02515
2016/10	3,06362	0.571324	-0,00904
2016/11	3,30535	0.550036	-0,02129
2016/12	3,36027	0.545523	-0,00451

Tabla 2: Residuos y Ajustes

Año/Mes	Residuos	Ajustes
2006/01		
2006/02	0,01081	0,50570
2006/03	0,01980	0,52154
2006/04	0,01120	0,54812
2006/05	0,01647	0,56127
2006/06	-0,02077	0,58120
2006/07	0,02007	0,55127
2006/08	-0,04192	0,57907
2006/09	-0,02928	0,52355
2006/10	-0,00380	0,48648
2006/11	0,00628	0,48817
2006/12	-0,00974	0,50645
2007/01	0,00619	0,49501
2007/02	-0,00218	0,49531
2007/03	0,01142	0,47613
2007/04	0,02060	0,47989
2007/05	0,00816	0,49515
2007/06	-0,01567	0,51676
2007/07	0,00527	0,48628
2007/08	-0,02039	0,51840
2007/09	-0,00955	0,52308
2007/10	-0,00398	0,52087
2007/11	-0,00669	0,51115
2007/12	0,00901	0,50677
2008/01	0,00119	0,51837
2008/02	-0,00243	0,52072
2008/03	-0,02451	0,50965
2008/04	0,00896	0,45992
2008/05	-0,01493	0,46451
2008/06	-0,02124	0,45745
2008/07	-0,00160	0,43215
2008/08	-0,02233	0,44594
2008/09	-0,00202	0,42945
2008/10	-0,01749	0,43344
2008/11	-0,01581	0,41636
2008/12	-0,00026	0,39164
2009/01	0,00809	0,39088
2009/02	-0,00407	0,40563
2009/03	-0,01184	0,41860
2009/04	0,00013	0,40235

Año/Mes	Residuos	Ajustes
2009/05	-0,00191	0,41089
2009/06	-0,00990	0,42743
2009/07	0,00799	0,42089
2009/08	-0,00369	0,44728
2009/09	0,00357	0,44845
2009/10	0,00663	0,46481
2009/11	0,02080	0,48812
2009/12	0,01005	0,51895
2010/01	-0,04990	0,52356
2010/02	0,00132	0,45369
2010/03	-0,01956	0,46810
2010/04	0,03352	0,45036
2010/05	0,00592	0,49937
2010/06	0,00706	0,51329
2010/07	0,00805	0,51638
2010/08	-0,00441	0,52599
2010/09	0,00212	0,51782
2010/10	-0,01734	0,51582
2010/11	0,00401	0,47729
2010/12	0,00365	0,47300
2011/01	0,00050	0,51370
2011/02	0,00121	0,52787
2011/03	0,03249	0,54109
2011/04	-0,01791	0,56340
2011/05	0,03144	0,52332
2011/06	-0,00665	0,55910
2011/07	-0,01378	0,54473
2011/08	0,01297	0,52747
2011/09	0,01760	0,54702
2011/10	-0,02445	0,58385
2011/11	-0,01470	0,55055
2011/12	-0,01487	0,52660
2012/01	-0,01096	0,50806
2012/02	0,01204	0,49638
2012/03	0,02473	0,49310
2012/04	0,00945	0,53192
2012/05	-0,01679	0,52635
2012/06	-0,01869	0,49897
2012/07	-0,01073	0,48638
2012/08	-0,00335	0,47124
2012/09	0,00347	0,45431
2012/10	-0,00689	0,47334

Año/Mes	Residuos	Ajustes
2012/11	0,00689	0,48224
2012/12	0,02312	0,50626
2013/01	0,00711	0,54720
2013/02	-0,01670	0,54727
2013/03	-0,01571	0,50065
2013/04	-0,00377	0,46754
2013/05	-0,01285	0,47752
2013/06	0,01190	0,48269
2013/07	0,02373	0,51289
2013/08	-0,01047	0,54835
2013/09	0,01493	0,52817
2013/10	-0,00439	0,55001
2013/11	-0,01551	0,54119
2013/12	-0,00097	0,50260
2014/01	-0,02036	0,49267
2014/02	0,00705	0,47892
2014/03	0,00784	0,50796
2014/04	0,00804	0,52673
2014/05	-0,01131	0,54505
2014/06	-0,00566	0,52188
2014/07	0,00129	0,49425
2014/08	-0,00866	0,49955
2014/09	0,00352	0,48342
2014/10	-0,00767	0,49004
2014/11	-0,00305	0,49288
2014/12	0,00047	0,49453
2015/01	0,06107	0,51006
2015/02	-0,01508	0,59240
2015/03	0,00497	0,55962
2015/04	0,01761	0,55383
2015/05	0,00485	0,58474
2015/06	-0,00888	0,59909
2015/07	0,01775	0,58647
2015/08	0,00611	0,61558
2015/09	0,00695	0,62313
2015/10	-0,00043	0,63546
2015/11	0,03416	0,63777
2015/12	0,00097	0,68408
2016/01	-0,02173	0,64035
2016/02	-0,01324	0,60380
2016/03	0,02925	0,59081
2016/04	0,00315	0,62411

Año/Mes	Residuos	Ajustes
2016/05	-0,00057	0,62114
2016/06	0,00417	0,62353
2016/07	-0,00591	0,61965
2016/08	0,00181	0,60370
2016/09	-0,02068	0,60104
2016/10	-0,00266	0,57398
2016/11	0,00026	0,54978
2016/12	0,00133	0,54419

Tabla 3: Pronósticos de la serie Transformada (México)

Año	Pronósticos	Inferior	Superior
2017/01	0,56379	0,53295	0,59462
2017/02	0,58082	0,52901	0,63263
2017/03	0,56333	0,49826	0,62840
2017/04	0,55219	0,47759	0,62678
2017/05	0,55263	0,46985	0,63541
2017/06	0,55257	0,46220	0,64295
2017/07	0,55711	0,45964	0,65458
2017/08	0,55797	0,45389	0,66205
2017/09	0,57232	0,46203	0,68260
2017/10	0,57955	0,46339	0,69570
2017/11	0,57961	0,45786	0,70135
2017/12	0,57780	0,45071	0,70488

Tabla 4: Subgrupos para prueba de varianzas iguales de los residuos

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,00000	0,00619	0,00119	0,00809	-0,04990	0,00050	-0,01096	0,00711	-0,02036	0,06107	-0,02173
0,01081	-0,00218	-0,00243	-0,00407	0,00132	0,00121	0,01204	-0,01670	0,00705	-0,01508	-0,01324
0,01980	0,01142	-0,02451	-0,01184	-0,01956	0,03249	0,02473	-0,01571	0,00784	0,00497	0,02925
0,01120	0,02060	0,00896	0,00013	0,03352	-0,01791	0,00945	-0,00377	0,00804	0,01761	0,00315
0,01647	0,00816	-0,01493	-0,00191	0,00592	0,03144	-0,01679	-0,01285	-0,01131	0,00485	-0,00057
-0,02077	-0,01567	-0,02124	-0,00990	0,00706	-0,00665	-0,01869	0,01190	-0,00566	-0,00888	0,00417
0,02007	0,00527	-0,00160	0,00799	0,00805	-0,01378	-0,01073	0,02373	0,00129	0,01775	-0,00591
-0,04192	-0,02039	-0,02233	-0,00369	-0,00441	0,01297	-0,00335	-0,01047	-0,00866	0,00611	0,00181
-0,02928	-0,00955	-0,00202	0,00357	0,00212	0,01760	0,00347	0,01493	0,00352	0,00695	-0,02068
-0,00380	-0,00398	-0,01749	0,00663	-0,01734	-0,02445	-0,00689	-0,00439	-0,00767	-0,00043	-0,00266
0,00628	-0,00669	-0,01581	0,02080	0,00401	-0,01470	0,00689	-0,01551	-0,00305	0,03416	0,00026
-0,00974	0,00901	-0,00026	0,01005	0,00365	-0,01487	0,02312	-0,00097	0,00047	0,00097	0,00133

Anexo B: EUA

Tabla 1: La inflación en EUA de enero de 2006 a diciembre de 2016.

Año/Mes	EUA	Diferencias de EUA
2006/01	3,88571	
2006/02	3,52273	-0,36299
2006/03	3,38600	-0,13672
2006/04	3,58744	0,20144
2006/05	4,14798	0,56054
2006/06	4,26009	0,11211
2006/07	4,12946	-0,13063
2006/08	3,77358	-0,35588
2006/09	1,97368	-1,79990
2006/10	1,20350	-0,77018
2006/11	1,98675	0,78325
2006/12	2,43632	0,44957
2007/01	2,09021	-0,34611
2007/02	2,41493	0,32472
2007/03	2,83843	0,42350
2007/04	2,59740	-0,24103
2007/05	2,69107	0,09366
2007/06	2,68817	-0,00289
2007/07	2,35798	-0,33019
2007/08	2,03209	-0,32590
2007/09	2,79570	0,76361
2007/10	3,56757	0,77187
2007/11	4,32900	0,76144
2007/12	4,10811	-0,22090
2008/01	4,31034	0,20224
2008/02	4,07288	-0,23746
2008/03	3,92781	-0,14507
2008/04	3,90295	-0,02486
2008/05	4,08805	0,18510
2008/06	5,02618	0,93813
2008/07	5,65445	0,62827
2008/08	5,34591	-0,30854
2008/09	4,91632	-0,42959
2008/10	3,65344	-1,26287
2008/11	1,03734	-2,61610
2008/12	0,10384	-0,93350

Año/Mes	EUA	Diferencias de EUA
2009/01	0,00000	-0,10384
2009/02	0,20597	0,20597
2009/03	-0,40858	-0,61455
2009/04	-0,71066	-0,30208
2009/05	-1,20846	-0,49780
2009/06	-1,39581	-0,18735
2009/07	-2,08127	-0,68546
2009/08	-1,49254	0,58873
2009/09	-1,29611	0,19643
2009/10	-0,20141	1,09470
2009/11	1,84805	2,04946
2009/12	2,69710	0,84905
2010/01	2,68595	-0,01115
2010/02	2,15827	-0,52768
2010/03	2,35897	0,20070
2010/04	2,24949	-0,10949
2010/05	2,03874	-0,21075
2010/06	1,11223	-0,92650
2010/07	1,21457	0,10234
2010/08	1,11111	-0,10346
2010/09	1,21212	0,10101
2010/10	1,21090	-0,00122
2010/11	1,10887	-0,10203
2010/12	1,51515	0,40628
2011/01	1,60966	0,09451
2011/02	2,11268	0,50302
2011/03	2,70541	0,59273
2011/04	3,10000	0,39459
2011/05	3,49650	0,39650
2011/06	3,50000	0,00350
2011/07	3,60000	0,10000
2011/08	3,79620	0,19620
2011/09	3,89222	0,09601
2011/10	3,48953	-0,40268
2011/11	3,38983	-0,09970
2011/12	2,98507	-0,40476
2012/01	2,87129	-0,11379
2012/02	2,85714	-0,01414
2012/03	2,63415	-0,22300
2012/04	2,32784	-0,30631
2012/05	1,73745	-0,59039

Año/Mes	EUA	Diferencias de EUA
2012/06	1,64251	-0,09494
2012/07	1,44788	-0,19464
2012/08	1,73244	0,28456
2012/09	1,92123	0,18879
2012/10	2,21580	0,29457
2012/11	1,83221	-0,38359
2012/12	1,73913	-0,09308
2013/01	1,63619	-0,10294
2013/02	2,01149	0,37531
2013/03	1,42586	-0,58564
2013/04	1,04265	-0,38320
2013/05	1,32827	0,28562
2013/06	1,80608	0,47781
2013/07	1,90295	0,09687
2013/08	1,51372	-0,38923
2013/09	1,22526	-0,28846
2013/10	0,94251	-0,28275
2013/11	1,23106	0,28855
2013/12	1,51947	0,28841
2014/01	1,60985	0,09038
2014/02	1,12676	-0,48309
2014/03	1,59325	0,46649
2014/04	1,96998	0,37673
2014/05	2,15356	0,18358
2014/06	2,05415	-0,09940
2014/07	2,05415	0,00000
2014/08	1,67754	-0,37662
2014/09	1,67598	-0,00156
2014/10	1,68067	0,00469
2014/11	1,30964	-0,37104
2014/12	0,74836	-0,56127
2015/01	-0,09320	-0,84156
2015/02	-0,09285	0,00035
2015/03	-0,09225	0,00060
2015/04	-0,18399	-0,09174
2015/05	0,00000	0,18399
2015/06	0,09149	0,09149
2015/07	0,09149	0,00000
2015/08	0,18332	0,09183
2015/09	-0,09158	-0,27489
2015/10	0,18365	0,27523

Año/Mes	EUA	Diferencias de EUA
2015/11	0,46168	0,27803
2015/12	0,74280	0,28112
2016/01	1,30597	0,56317
2016/02	1,02230	-0,28367
2016/03	0,83102	-0,19128
2016/04	1,10599	0,27497
2016/05	1,00825	-0,09774
2016/06	1,00548	-0,00276
2016/07	0,91408	-0,09141
2016/08	1,09790	0,18382
2016/09	1,46654	0,36865
2016/10	1,64986	0,18332
2016/11	1,74632	0,09646
2016/12	2,02765	0,28133

Tabla 2: Residuos y ajustes

Año/Mes	Residuos	Ajustes
2006/01		
2006/02	-0,39628	3,91901
2006/03	0,02050	3,36550
2006/04	0,39167	3,19578
2006/05	-0,19154	4,33953
2006/06	-0,17046	4,43055
2006/07	0,21608	3,91338
2006/08	0,02096	3,75262
2006/09	-0,59260	2,56629
2006/10	-0,16606	1,36956
2006/11	0,18259	1,80416
2006/12	0,26818	2,16814
2007/01	0,00853	2,08168
2007/02	0,05658	2,35835
2007/03	0,23600	2,60243
2007/04	0,06561	2,53179
2007/05	0,19666	2,49440
2007/06	-0,28687	2,97504
2007/07	-0,08316	2,44114

Año/Mes	Residuos	Ajustes
2007/08	-0,23411	2,26620
2007/09	-0,01157	2,80727
2007/10	0,23157	3,33599
2007/11	0,92998	3,39902
2007/12	-0,23255	4,34066
2008/01	0,37824	3,93211
2008/02	-0,27537	4,34826
2008/03	0,32938	3,59843
2008/04	-0,05659	3,95955
2008/05	0,45340	3,63465
2008/06	0,56811	4,45807
2008/07	0,10985	5,54460
2008/08	-0,65597	6,00189
2008/09	-0,04445	4,96077
2008/10	-0,85635	4,50979
2008/11	-1,10075	2,13809
2008/12	-0,25157	0,35541
2009/01	0,31588	-0,31588
2009/02	-0,06180	0,26777
2009/03	-0,42136	0,01278
2009/04	0,00074	-0,71140
2009/05	-0,06041	-1,14805
2009/06	0,75898	-2,15479
2009/07	-0,55495	-1,52632
2009/08	0,26774	-1,76028
2009/09	-0,32230	-0,97381
2009/10	0,21435	-0,41576
2009/11	0,06163	1,78642
2009/12	-0,05254	2,74964
2010/01	0,18456	2,50139
2010/02	-0,47406	2,63233
2010/03	-0,08840	2,44737
2010/04	-0,29170	2,54119
2010/05	-0,21383	2,25256
2010/06	-0,19659	1,30883
2010/07	-0,10523	1,31981
2010/08	0,09466	1,01645
2010/09	-0,05688	1,26900
2010/10	0,33357	0,87733
2010/11	0,34334	0,76553
2010/12	0,42293	1,09222
2011/01	0,05124	1,55842

Año/Mes	Residuos	Ajustes
2011/02	0,04001	2,07267
2011/03	0,35570	2,34971
2011/04	-0,07688	3,17688
2011/05	0,09237	3,40413
2011/06	-0,48655	3,98655
2011/07	0,19504	3,40496
2011/08	0,13925	3,65696
2011/09	0,05932	3,83289
2011/10	-0,13996	3,62949
2011/11	0,41034	2,97949
2011/12	0,02747	2,95760
2012/01	0,13663	2,73466
2012/02	0,10457	2,75257
2012/03	0,20646	2,42768
2012/04	-0,21917	2,54700
2012/05	-0,33286	2,07031
2012/06	-0,31125	1,95376
2012/07	-0,03912	1,48700
2012/08	0,57030	1,16214
2012/09	0,06818	1,85305
2012/10	0,09464	2,12116
2012/11	-0,12569	1,95790
2012/12	0,09656	1,64257
2013/01	-0,02166	1,65785
2013/02	0,55196	1,45954
2013/03	-0,64976	2,07561
2013/04	-0,22888	1,27153
2013/05	-0,10289	1,43116
2013/06	0,10678	1,69930
2013/07	-0,14401	2,04696
2013/08	0,24985	1,26386
2013/09	-0,04614	1,27140
2013/10	-0,06600	1,00851
2013/11	0,18425	1,04681
2013/12	0,23184	1,28763
2014/01	-0,00202	1,61187
2014/02	0,09897	1,02779
2014/03	-0,03242	1,62567
2014/04	-0,15067	2,12065
2014/05	0,14651	2,00705
2014/06	0,00334	2,05082
2014/07	-0,04530	2,09945

Año/Mes	Residuos	Ajustes
2014/08	-0,25883	1,93637
2014/09	0,14291	1,53307
2014/10	-0,18391	1,86458
2014/11	-0,06709	1,37673
2014/12	-0,16459	0,91295
2015/01	-0,62897	0,53578
2015/02	0,30166	-0,39451
2015/03	-0,01132	-0,08093
2015/04	-0,13488	-0,04911
2015/05	0,37260	-0,37260
2015/06	-0,02374	0,11523
2015/07	-0,00918	0,10067
2015/08	-0,21581	0,39913
2015/09	-0,13654	0,04497
2015/10	0,25651	-0,07286
2015/11	-0,04294	0,50462
2015/12	0,02456	0,71825
2016/01	-0,24034	1,54631
2016/02	-0,14874	1,17105
2016/03	0,01579	0,81523
2016/04	0,14133	0,96466
2016/05	0,16741	0,84084
2016/06	0,09234	0,91315
2016/07	-0,13516	1,04924
2016/08	0,09033	1,00757
2016/09	0,07210	1,39445
2016/10	0,39698	1,25288
2016/11	0,05608	1,69024
2016/12	0,33709	1,69056

Tabla 3: Subgrupos para prueba de varianzas iguales de los residuos (EUA)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,00000	0,00853	0,37824	0,31588	0,18456	0,05124	0,13663	-0,02166	-0,00202	-0,62897	-0,24034
-0,39628	0,05658	-0,27537	-0,06180	-0,47406	0,04001	0,10457	0,55196	0,09897	0,30166	-0,14874
0,02050	0,23600	0,32938	-0,42136	-0,08840	0,35570	0,20646	-0,64976	-0,03242	-0,01132	0,01579
0,39167	0,06561	-0,05659	0,00074	-0,29170	-0,07688	-0,21917	-0,22888	-0,15067	-0,13488	0,14133
-0,19154	0,19666	0,45340	-0,06041	-0,21383	0,09237	-0,33286	-0,10289	0,14651	0,37260	0,16741
-0,17046	-0,28687	0,56811	0,75898	-0,19659	-0,48655	-0,31125	0,10678	0,00334	-0,02374	0,09234
0,21608	-0,08316	0,10985	-0,55495	-0,10523	0,19504	-0,03912	-0,14401	-0,04530	-0,00918	-0,13516
0,02096	-0,23411	-0,65597	0,26774	0,09466	0,13925	0,57030	0,24985	-0,25883	-0,21581	0,09033
-0,59260	-0,01157	-0,04445	-0,32230	-0,05688	0,05932	0,06818	-0,04614	0,14291	-0,13654	0,07210
-0,16606	0,23157	-0,85635	0,21435	0,33357	-0,13996	0,09464	-0,06600	-0,18391	0,25651	0,39698
0,18259	0,92998	-1,10075	0,06163	0,34334	0,41034	-0,12569	0,18425	-0,06709	-0,04294	0,05608
0,26818	-0,23255	-0,25157	-0,05254	0,42293	0,02747	0,09656	0,23184	-0,16459	0,02456	0,33709

Anexo C: CANADÁ.

Tabla 1: La inflación en Canadá y diferencias de enero de 2006 a diciembre de 2016.

Año/Mes	Canadá	Diferencias de Canadá
2006/01	2,76549	
2006/02	2,09251	-0,67298
2006/03	2,08105	-0,01146
2006/04	2,51366	0,43261
2006/05	2,83843	0,32477
2006/06	2,39651	-0,44191
2006/07	2,28261	-0,11391
2006/08	2,16685	-0,11576
2006/09	0,75188	-1,41497
2006/10	1,07991	0,32803
2006/11	1,40541	0,32549
2006/12	1,62338	0,21797
2007/01	1,07643	-0,54695
2007/02	2,04962	0,97320
2007/03	2,36052	0,31089
2007/04	2,13220	-0,22832
2007/05	2,22930	0,09710
2007/06	2,23404	0,00474
2007/07	2,23167	-0,00237
2007/08	1,69671	-0,53496
2007/09	2,45203	0,75531
2007/10	2,35043	-0,10160
2007/11	2,45203	0,10160
2007/12	2,44941	-0,00261
2008/01	2,23642	-0,21299
2008/02	1,79704	-0,43938
2008/03	1,36268	-0,43436
2008/04	1,77453	0,41185
2008/05	2,18069	0,40616
2008/06	3,12175	0,94106
2008/07	3,32640	0,20466
2008/08	3,54536	0,21896
2008/09	3,32986	-0,21550
2008/10	2,60960	-0,72026

Año/Mes	Canadá	Diferencias de Canadá
2008/11	1,97711	-0,63250
2008/12	1,14345	-0,83366
2009/01	1,04167	-0,10178
2009/02	1,45379	0,41212
2009/03	1,24095	-0,21284
2009/04	0,30769	-0,93326
2009/05	0,10163	-0,20607
2009/06	-0,30272	-0,40435
2009/07	-0,90543	-0,60271
2009/08	-0,80564	0,09979
2009/09	-0,80564	0,00000
2009/10	0,10173	0,90737
2009/11	0,91837	0,81664
2009/12	1,33607	0,41771
2010/01	1,85567	0,51960
2010/02	1,63767	-0,21800
2010/03	1,43003	-0,20764
2010/04	1,84049	0,41046
2010/05	1,42132	-0,41917
2010/06	1,01215	-0,40917
2010/07	1,82741	0,81527
2010/08	1,72589	-0,10152
2010/09	1,92893	0,20305
2010/10	2,43902	0,51009
2010/11	2,02224	-0,41678
2010/12	2,33266	0,31041
2011/01	2,32794	-0,00472
2011/02	2,11480	-0,21313
2011/03	3,22256	1,10775
2011/04	3,31325	0,09070
2011/05	3,60360	0,29035
2011/06	3,10621	-0,49739
2011/07	2,69192	-0,41429
2011/08	3,09381	0,40189
2011/09	3,08765	-0,00616
2011/10	2,87698	-0,21067
2011/11	2,87413	-0,00285
2011/12	2,27948	-0,59465
2012/01	2,47280	0,19331
2012/02	2,66272	0,18992
2012/03	1,95122	-0,71150
2012/04	1,94363	-0,00758

Año/Mes	Canadá	Diferencias de Canadá
2012/05	1,25604	-0,68760
2012/06	1,45773	0,20169
2012/07	1,26214	-0,19559
2012/08	1,25847	-0,00367
2012/09	1,25604	-0,00243
2012/10	1,15718	-0,09885
2012/11	0,86705	-0,29013
2012/12	0,87209	0,00504
2013/01	0,57915	-0,29294
2013/02	1,24880	0,66965
2013/03	0,95694	-0,29186
2013/04	0,47664	-0,48029
2013/05	0,76336	0,28671
2013/06	1,14943	0,38607
2013/07	1,34228	0,19286
2013/08	1,05163	-0,29066
2013/09	1,04962	-0,00201
2013/10	0,66730	-0,38232
2013/11	0,85960	0,19230
2013/12	1,24880	0,38920
2014/01	1,43954	0,19074
2014/02	1,13852	-0,30102
2014/03	1,61137	0,47285
2014/04	1,99241	0,38104
2014/05	2,27273	0,28032
2014/06	2,36742	0,09470
2014/07	2,08136	-0,28606
2014/08	2,08136	0,00000
2014/09	1,98300	-0,09836
2014/10	2,36742	0,38442
2014/11	1,98864	-0,37879
2014/12	1,42315	-0,56549
2015/01	0,94607	-0,47708
2015/02	1,03189	0,08582
2015/03	1,11940	0,08751
2015/04	0,83721	-0,28219
2015/05	0,92593	0,08872
2015/06	1,01758	0,09165
2015/07	1,29750	0,27992
2015/08	1,29750	0,00000
2015/09	1,01852	-0,27898
2015/10	1,01758	-0,00094

Año/Mes	Canadá	Diferencias de Canadá
2015/11	1,29991	0,28233
2015/12	1,59027	0,29036
2016/01	2,06186	0,47158
2016/02	1,29991	-0,76195
2016/03	1,29151	-0,00839
2016/04	1,66052	0,36900
2016/05	1,46789	-0,19263
2016/06	1,46520	-0,00269
2016/07	1,28088	-0,18432
2016/08	1,09790	-0,18298
2016/09	1,37489	0,27699
2016/10	1,46520	0,09032
2016/11	1,19157	-0,27363
2016/12	1,47330	0,28173

Tabla 2: Residuos y ajustes.

Año/Mes	Residuos	Ajustes
2006/01		
2006/02	-0,89098	2,98349
2006/03	0,12342	1,95763
2006/04	0,25916	2,25450
2006/05	0,03185	2,80658
2006/06	-0,35971	2,75622
2006/07	0,02627	2,25634
2006/08	0,07824	2,08861
2006/09	-0,70147	1,45335
2006/10	0,06453	1,01539
2006/11	0,10482	1,30058
2006/12	0,48161	1,14177
2007/01	-0,17055	1,24697
2007/02	0,31845	1,73118
2007/03	0,19947	2,16104
2007/04	0,15874	1,97345
2007/05	0,02873	2,20057
2007/06	-0,23612	2,47016
2007/07	-0,03688	2,26855
2007/08	-0,40825	2,10496
2007/09	0,15698	2,29505
2007/10	-0,14554	2,49597

Año/Mes	Residuos	Ajustes
2007/11	0,30011	2,15191
2007/12	0,33217	2,11725
2008/01	-0,27786	2,51428
2008/02	-0,19585	1,99289
2008/03	-0,16417	1,52685
2008/04	0,53422	1,24031
2008/05	0,40668	1,77400
2008/06	0,71289	2,40886
2008/07	0,08450	3,24191
2008/08	-0,08542	3,63078
2008/09	-0,14230	3,47216
2008/10	-0,75980	3,36941
2008/11	-0,34766	2,32476
2008/12	-0,47126	1,61471
2009/01	-0,29781	1,33948
2009/02	0,21662	1,23717
2009/03	-0,38055	1,62150
2009/04	-0,40718	0,71487
2009/05	0,22985	-0,12823
2009/06	0,19753	-0,50025
2009/07	-0,44582	-0,45962
2009/08	0,03514	-0,84078
2009/09	-0,13891	-0,66673
2009/10	0,25268	-0,15095
2009/11	0,39299	0,52538
2009/12	0,00825	1,32782
2010/01	0,20723	1,64844
2010/02	-0,03855	1,67622
2010/03	-0,50015	1,93018
2010/04	0,04465	1,79584
2010/05	-0,25163	1,67295
2010/06	-0,14527	1,15742
2010/07	0,40233	1,42508
2010/08	-0,14390	1,86979
2010/09	0,16218	1,76676
2010/10	0,64934	1,78969
2010/11	-0,04902	2,07127
2010/12	0,35948	1,97317
2011/01	0,11558	2,21236
2011/02	-0,18494	2,29975
2011/03	0,64551	2,57705
2011/04	0,02298	3,29027

Año/Mes	Residuos	Ajustes
2011/05	0,15509	3,44851
2011/06	-0,72612	3,83233
2011/07	0,09398	2,59795
2011/08	0,20458	2,88924
2011/09	0,15700	2,93065
2011/10	0,35813	2,51886
2011/11	-0,00692	2,88106
2011/12	-0,30017	2,57965
2012/01	0,39530	2,07750
2012/02	-0,07221	2,73493
2012/03	-0,07064	2,02186
2012/04	0,04821	1,89543
2012/05	-0,57047	1,82651
2012/06	-0,33505	1,79277
2012/07	-0,21786	1,48000
2012/08	0,29821	0,96026
2012/09	0,04445	1,21159
2012/10	0,30513	0,85205
2012/11	-0,34870	1,21575
2012/12	-0,17420	1,04630
2013/01	-0,00762	0,58677
2013/02	0,70368	0,54512
2013/03	-0,50797	1,46491
2013/04	-0,26544	0,74209
2013/05	-0,29841	1,06177
2013/06	0,12994	1,01949
2013/07	-0,07219	1,41447
2013/08	0,01976	1,03186
2013/09	0,04174	1,00788
2013/10	-0,10665	0,77395
2013/11	-0,06737	0,92696
2013/12	0,17866	1,07013
2014/01	0,19336	1,24618
2014/02	0,30097	0,83755
2014/03	0,08509	1,52628
2014/04	0,04523	1,94718
2014/05	0,06330	2,20943
2014/06	0,14508	2,22234
2014/07	-0,29835	2,37971
2014/08	0,01645	2,06491
2014/09	-0,05199	2,03499
2014/10	0,30210	2,06533

Año/Mes	Residuos	Ajustes
2014/11	-0,48601	2,47464
2014/12	-0,31372	1,73687
2015/01	-0,30847	1,25454
2015/02	0,42023	0,61166
2015/03	0,10450	1,01490
2015/04	-0,19486	1,03207
2015/05	0,14711	0,77881
2015/06	0,21635	0,80123
2015/07	0,01624	1,28125
2015/08	-0,01095	1,30845
2015/09	-0,29516	1,31368
2015/10	0,28339	0,73419
2015/11	-0,15391	1,45382
2015/12	-0,00851	1,59878
2016/01	0,18938	1,87248
2016/02	-0,42952	1,72942
2016/03	0,21701	1,07450
2016/04	0,09407	1,56644
2016/05	-0,01166	1,47955
2016/06	0,17805	1,28716
2016/07	-0,15178	1,43266
2016/08	-0,17760	1,27550
2016/09	0,03272	1,34217
2016/10	0,30252	1,16269
2016/11	-0,37951	1,57108
2016/12	0,28937	1,18392

Tabla 3: Subgrupos para prueba de varianzas iguales de los residuos (Canadá)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,00000	-0,17055	-0,27786	-0,29781	0,20723	0,11558	0,39530	-0,00762	0,19336	-0,30847	0,18938
-0,89098	0,31845	-0,19585	0,21662	-0,03855	-0,18494	-0,07221	0,70368	0,30097	0,42023	-0,42952
0,12342	0,19947	-0,16417	-0,38055	-0,50015	0,64551	-0,07064	-0,50797	0,08509	0,10450	0,21701
0,25916	0,15874	0,53422	-0,40718	0,04465	0,02298	0,04821	-0,26544	0,04523	-0,19486	0,09407
0,03185	0,02873	0,40668	0,22985	-0,25163	0,15509	-0,57047	-0,29841	0,06330	0,14711	-0,01166
-0,35971	-0,23612	0,71289	0,19753	-0,14527	-0,72612	-0,33505	0,12994	0,14508	0,21635	0,17805
0,02627	-0,03688	0,08450	-0,44582	0,40233	0,09398	-0,21786	-0,07219	-0,29835	0,01624	-0,15178
0,07824	-0,40825	-0,08542	0,03514	-0,14390	0,20458	0,29821	0,01976	0,01645	-0,01095	-0,17760
-0,70147	0,15698	-0,14230	-0,13891	0,16218	0,15700	0,04445	0,04174	-0,05199	-0,29516	0,03272
0,06453	-0,14554	-0,75980	0,25268	0,64934	0,35813	0,30513	-0,10665	0,30210	0,28339	0,30252
0,10482	0,30011	-0,34766	0,39299	-0,04902	-0,00692	-0,34870	-0,06737	-0,48601	-0,15391	-0,37951
0,48161	0,33217	-0,47126	0,00825	0,35948	-0,30017	-0,17420	0,17866	-0,31372	-0,00851	0,28937