
PRONÓSTICO DE LA RESERVA TÉCNICA PARA UNA EMPRESA DEL SECTOR SALUD EPS-SEM BAJO METODOLOGÍA BOX-JENKINS

Presentado por
MANUEL ALEJANDRO MORENO ARÉVALO
EDDY ALDEMAR MELO CONTRERAS

Fundación Universitaria Los Libertadores

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

Especialización en Estadística Aplicada

Bogotá D.C, Colombia

2019

**PRONÓSTICO DE LA RESERVA
TÉCNICA PARA UNA EMPRESA
DEL SECTOR SALUD EPS-SEM
BAJO METODOLOGÍA
BOX-JENKINS**

LOS LIBERTADORES
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

Presentado por

**MANUEL ALEJANDRO MORENO ARÉVALO
EDDY ALDEMAR MELO CONTRERAS**

en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar al título

de

Especialista en Estadística Aplicada

Dirigida por

Msc. JUAN CAMILO SANTANA CONTRERAS

Profesor

Fundación Universitaria Los Libertadores

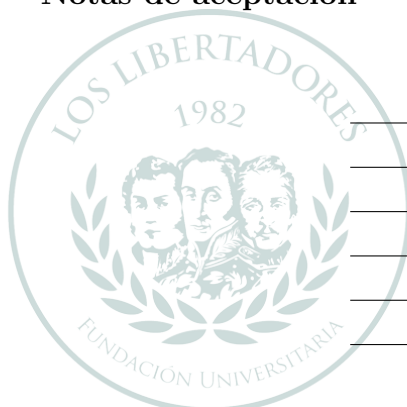
Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

Especialización en Estadística Aplicada

Bogotá D.C, Colombia

2019

Notas de aceptación



LOS LIBERTADORES

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá DC, Noviembre de 2019.



LOS LIBERTADORES

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

Las directivas de la Fundación Universitaria Los Libertadores, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores y a los resultados de su trabajo.

Agradecimientos



En primer lugar, damos las gracias al dueño de nuestras vidas y de nuestros sueños, nuestro Padre Celestial, quien nos ha brindado todos los medios posibles y necesarios para la culminación de esta etapa de nuestras vidas. A nuestras familias por toda su paciencia y soporte, han sido imprescindibles en la culminación de esta etapa. No podemos dejar por fuera a nuestros tutores, profesora Patricia Gallego, gracias por su compromiso, apoyo e interés en cada uno de sus aportes al desarrollo de este documento; al profesor Juan Camilo Santana, ya que sin su ayuda hubiese sido imposible culminar este proyecto, sus aportes y conocimiento de la metodología fueron realmente importantes. Por supuesto, a la Fundación Universitaria los Libertadores y a los docente de la especialización por el compromiso y la formación recibida.

Índice general

1. Introducción	3
2. Planteamiento del Problema	5
2.1. Objetivos	6
2.1.1. Objetivo General	6
2.1.2. Objetivos Específicos	6
2.2. Justificación	7
3. Marco Teórico / conceptual	9
3.1. Series de Tiempo Univariadas	9
3.1.1. Metodología Box-Jenkins	9
3.1.2. Criterio BIC	10
3.1.3. Evaluación de pronósticos	10
3.1.4. Prueba de Dickey-Fuller	11
3.1.5. Modelo SARIMAX	12
3.2. Series de Tiempo Multivariadas	12
3.2.1. Modelo VAR	13
3.3. Reservas técnicas en EPS	13
3.3.1. Normatividad colombiana	14
4. Marco Metodológico	17
5. Análisis y Resultados	19
5.1. Modelo SARIMAX	19
5.2. Modelo VAR	23
5.3. Contraste de modelos	26
6. Conclusiones y Recomendaciones	27

Índice de figuras

3.1. Metodología Box-Jenkins	10
5.1. Interacción en el tiempo entre la facturación y la cantidad de servicios. . .	20
5.2. ACF y PACF para la serie Facturación con diferencia en sus componentes estacional y tendencial.	20
5.3. Gráficas para el diagnóstico del modelo SARIMAX $(28, 1, 0) \times (0, 1, 1)_7$. .	21
5.4. Qqplot de los residuales del modelo SARIMAX $(28, 1, 0) \times (0, 1, 1)_7$	21
5.5. Gráficas para el diagnóstico del modelo SARIMAX $(28, 1, 0) \times (0, 1, 1)_7$ con intervención	22
5.6. Pronóstico in-sample del modelo SARIMAX $(28, 1, 0) \times (0, 1, 1)_7$. Bandas de confianza con un 95 % de confianza	22
5.7. Pronóstico a 31 días. Modelo SARIMAX $(28, 1, 0) \times (0, 1, 1)_7$. Bandas de confianza con un 95 % de confianza	23
5.8. Autocorrelograma cruzado entre la variación en la Facturación y Cantida- des (in-sample)	24
5.9. Diagrama de los residuales ajustados y autocorrelogramas para las variables del modelo (in-sample)	25
5.10. Pronóstico para la facturación mediante el modelo VAR	26

Índice de cuadros

5.1. Parámetros para el modelo SARIMAX $(28, 1, 0) \times (0, 1, 1)_7$	20
5.2. Parámetros para el modelo SARIMAX $(28, 1, 0) \times (0, 1, 1)_7$ incluyendo LS, posición 121.	23
5.3. Test del modelo	24
5.4. Evaluación de pronóstico	26

Página dejada en blanco intencionalmente - No forma parte del cuerpo del trabajo.

PRONÓSTICO DE LA RESERVA TÉCNICA PARA UNA EMPRESA DEL SECTOR SALUD EPS-SEM BAJO METODOLOGÍA BOX-JENKINS

Resumen

La salud es un derecho fundamental, el aseguramiento y la prestación del servicio son las principales herramientas con las que cuenta un sistema de salud para garantizar el acceso universal. En el caso colombiano estas funciones son relegadas a las EPS e IPS respectivamente. Para que las EPS puedan cumplir con las obligaciones adquiridas con sus usuarios deben tener un horizonte de planeación bien consolidado, es decir, separar recursos que se destinaran a los mencionados pagos, en resumen, reserva técnica. El incumplimiento por parte de una EPS de sus obligaciones financieras toca directamente la salud de sus afiliados.

Con lo mencionado anteriormente cualquier esfuerzo en pro de asegurar la calidad del servicio de salud a los afiliados de una EPS es mínimo. El presente trabajo tiene como objetivo predecir el comportamiento de la reserva técnica de la EPS-SEM. Para llevar esto a cabo se proponen dos modelos, el primero de ellos un SARIMAX (modelos autorregresivos integrados de medias móviles estacionales) y el segundo un VAR (modelos de vectores autorregresivos) bajo metodología in-sample y out-sample.

Palabras claves: Modelos de series de tiempo, Metodología Box-Jenkins, Modelos SARIMAX, Modelos VAR y reserva técnica.

Capítulo 1

Introducción

En la actualidad las empresas promotoras de salud EPS están en la obligación de constituir una reserva técnica por las obligaciones conocidas, desconocidas y las incapacidades por enfermedad general, la metodología utilizada para la elaboración y constitución de la reserva es la establecida por la Superintendencia nacional de salud, conforme a lo relacionado en la resolución 4175 de 2014, esta resolución indica que por cada autorización emitida por cualquier servicio de salud, se debe constituir una reserva en el pasivo que tiene que estar amparada por un activo líquido, entiéndase como aquellos que pueden convertirse en el corto plazo en dinero, sin perder valor, independientemente de que el servicio haya sido radicado o facturado por el prestador de Servicios de Salud, del mismo modo deben realizar las estimaciones correspondientes por las contingencias no conocidas y poco controlables por ejemplo los procedimientos inherentes al servicio de urgencias.

El propósito fundamental de las reservas técnicas es garantizar el adecuado uso de los recursos o unidad de pago por capitación UPC, El objeto de las EPS es garantizar el Plan Obligatorio de Salud que se financia con la UPC, del mismo modo la reserva pretende salvaguardar los intereses de los prestadores de servicios de salud, al existir un respaldo financiero que cubre la posible obligación derivada de la atención de sus afiliados, independiente de la radicación de la factura, de tal manera que mientras los servicios son facturados por parte de las IPS, deben mantenerse recursos en activos de alta liquidez y seguridad. Esto implica que en el momento en que se genere la obligación de pago al prestador de servicios de salud por parte de la EPS se tendrá el recurso que lo respalda.

En este trabajo, nos enfocaremos en la facturación y en la cantidad de servicios autorizados en la regional Caldas de la EPS SEM, partiendo de la siguiente pregunta ¿Cómo formular un modelo que permita pronosticar la reserva técnica de la entidad prestadora de servicios de salud SEM para la regional Caldas?, a partir de esto se establece el objetivo general de formular un modelo que permita pronosticar la reserva técnica de la entidad prestadora de servicios de salud SEM para la regional Caldas, para dar cumplimiento a estos dos

aspectos, se realizara una metodología mixta descriptiva – analítica, para poder de esta manera proponer el pronóstico mencionado.

En el segundo capítulo del trabajo, se establece el planteamiento del problema, la justificación y los objetivos. En el tercer capítulo se presenta el marco teórico que fundamenta el trabajo, donde se realiza la distinción de los aspectos conceptuales de las series de tiempo univariadas y multivariadas según la metodología Box-Jenkins y los conceptos de reserva técnica en el sector salud, aspectos que posibilitan la definición de las categorías antes mencionadas, el cuarto capítulo describe la propuesta metodología para resolver la pregunta y los objetivos, así como el diseño donde tenemos una base de la regional Caldas de la EPS SEM, la cual cuenta con dos variables, facturación y cantidad de servicios y 122 observaciones por variable, la base está dada en días desde el primero de marzo hasta el treinta de junio del 2019, se proponen dos modelos de tipo SARIMAX y VAR con el fin de evaluar el rendimiento de cada uno en cuanto al pronóstico generado, pero antes de ello cada modelo será analizado bajo la metodología In- sample / Out – sample, con el fin de comparar el pronóstico con datos de la muestra, para ello se divide las observaciones de la primera hasta la 93 en la parte “In- sample”, se realiza el pronóstico y se compara con la parte Out- sample, definida de la observación 94 a la 122.

En el capítulo quinto, se presentan los resultados los cuales se elaboraron a partir de las categorías propuestas, antecedido del análisis estadístico del mismo.

Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones y referentes bibliográficos.

Capítulo 2

Planteamiento del Problema

Las empresas prestadoras de servicios de salud EPS, administran los riesgos en salud, por lo tanto, deben tener la solvencia y condiciones financieras para poder manejar dichos riesgos. Por esta razón deben cumplir normas prudenciales en materia financiera similares a las de las compañías de seguros, por ende, están en la obligación de constituir una reserva técnica (pasivo financiero) por las obligaciones conocidas y no conocidas.

Por otro lado y haciendo énfasis en la necesidad de tener una efectiva reserva técnica, está el hecho que las IPS, no tienen por normatividad un tiempo establecido para la radicación de facturas, la norma establece que las IPS tienen un tiempo de seis meses posterior a la prestación del servicio para la radicación, sin perder el título valor y todos los derechos jurídicos que conlleva este documento, pasado este tiempo, pierden estos derechos, pero las facturas son prescriben si un límite de tiempo, lo que traduce en una deuda sin conocer a ciencia cierta el momento en que será cobrada.

Si se mira el contexto que puede acarrear el no pago por parte de las EPS, por una inadecuada reserva técnica, puede volverse una problemática en materia de salud pública, puesto que las IPS pueden cerrar servicios, dejar de atender a los usuarios y perder toda actividad contractual con las mismas, e independiente de los temas financieros, las EPS están en la obligación de asegurar el derecho a la salud. Conforme a lo anteriormente mencionado surge la siguiente pregunta: ¿cómo formular un modelo que permita pronosticar la reserva técnica de la entidad prestadora de servicios de salud SEM para la regional Caldas?

2.1. Objetivos

Una vez delimitado el tema, series de tiempo y reserva técnica, se plantea dentro del proyecto los siguientes objetivos:

2.1.1. Objetivo General

- Formular un modelo que permita pronosticar la reserva técnica de la entidad prestadora de servicios de salud SEM para la regional Caldas.

2.1.2. Objetivos Específicos

- Desarrollar un análisis exploratorio de la base de datos.
- Analizar el mejor modelo estadístico bajo la metodología de Box-Jenkins.
- Comparar el modelo SARIMAX con el modelo VAR para identificar el mejor modelo al momento de pronosticar la reserva técnica para la regional Caldas.

2.2. Justificación

Al observar las constantes quejas de los usuarios hacia sus EPS se detectó que muchas de estas tienen su raíz en la reserva técnica de estas entidades, con la información conseguida para la regional Caldas de una EPS SEM se desarrolla un modelo de series de tiempo bajo la metodología Box-Jenkins aprendida en la línea de profundización de la especialización en estadística aplicada.

El propósito de un sistema de salud es el acceso universal a los servicios cuyas principales herramientas son el aseguramiento y prestación del servicio. En el caso colombiano son tareas relegadas a las EPS e IPS respectivamente. Así pues, las EPS componen un órgano fundamental en el sistema de salud, y para que estas puedan cumplir con sus compromisos deben ejecutar de manera óptima sus finanzas.

Ejecutar de manera óptima sus finanzas en gran medida se basa en tener un horizonte de planeación fuerte. Es aquí donde la reserva técnica adquiere un papel decisivo en especial para las pequeñas EPS que compiten por igual para atraer afiliados y con estos recursos poder mejorar su funcionamiento.

La EPS que motiva el presente trabajo es pequeña con presencia en distintos departamentos del territorio colombiano, el estudio se centrará en la regional Caldas y pretende mejorar el modelo de reserva técnica y la planeación lo que permitirá optimizar procesos administrativos y financieros que terminaran por desencadenar un mejor servicio para los usuarios.

Al realizar la revisión bibliográfica se encontraron pocos trabajos orientados a emplear series de tiempo para reservas técnicas en salud, entendiéndose esta como un servicio fundamental, todo esfuerzo es mínimo orientado a ofrecer un mejor servicio a los ciudadanos.

Capítulo 3

Marco Teórico / conceptual

La teoría aquí expuesta en cuanto a series de tiempo fue tomada de (Lozano, 2018) y el señala que los detalles pueden ser consultados en (Metcalf, 2009), (Tsay, 2012) o (Guerrero, 2003). De manera semejante para la reserva técnica se consultaron varios autores pero su contexto en salud fue tomado explícitamente de (González, 2018)

3.1. Series de Tiempo Univariadas

3.1.1. Metodología Box-Jenkins

El modelado de Box-Jenkins, se puede escribir como:

1. Postule una clase de modelos (AR, MA, ARMA, ARIMA, SARIMA, etc)
2. Identifique el modelo perteneciente a la clase postulada que mejor se ajusta a los datos. (Etapas de identificación)
3. Estime los parámetros del modelo seleccionado
4. Evalúe la calidad del ajuste.

Gráficamente, la metodología de Box-Jenkins se puede entender como el flujograma dado en la figura 5.1. Si las evaluaciones son correctas, entonces se pueden hacer las previsiones.

En el caso contrario, comience nuevamente. En general, los modelos más convenientes son aquellos que tienen pocos parámetros ya que son mejores para predecir lo que está por ocurrir.

En general, será utilizado el siguiente criterio para decidir cual entre varios modelos, de la misma clase, es mejor para ajustar los datos en cuestión.

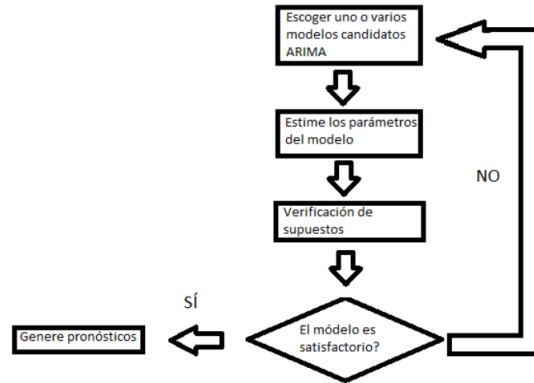


Figura 3.1: Metodología Box-Jenkins

3.1.2. Criterio BIC

El criterio de información Bayesiano (BIC), introducido por Gideon Schwartz, es una medida alternativa para el AIC para obtener información sobre el mejor modelo que se puede utilizar. El BIC se define como

$$BIC = -2\log(L) + k\log(T)$$

Donde k es el número de parámetros que varían ($k = p + q$ en los modelos ARMA) y T es la cantidad de datos disponibles. (En inglés) Algunas generalidades sobre estas medidas

1. El BIC es una versión corregida del AIC, pero que es asintóticamente equivalente.
2. El AIC no es consistente. En la clase ARIMA, por ejemplo, proporciona $\hat{p}$ y $\hat{q}$ tales que $\text{plim}(\hat{p}) \neq p$ y $\text{plim}(\hat{q}) \neq q$. Proporciona modelos superparametrizados.
3. El BIC penaliza más fuertemente que el AIC y es consistente. La parte sistemática del modelado consiste en estimar varios modelos y elegir aquel que minimiza el criterio utilizado.

3.1.3. Evaluación de pronósticos

Para evaluar los pronósticos generados por los modelos se puede proceder de la siguiente manera. Al considerar una serie de tiempo con T observaciones, serán retiradas de ésta serie, las últimas n observaciones. Se genera el modelo con las $T - n$ observaciones y al generar los pronósticos, se evaluará la diferencia de los valores pronosticados y los valores verdaderos contenidos en la serie (los n puntos que fueron retirados). Considere

$$e_j = y_j - \hat{y}_j,$$

donde $\hat{y}_j$ denota el pronóstico y_j .

La capacidad predictiva del modelo estimado puede ser evaluada utilizando las siguientes medidas de error, donde $k = T - n$.

1. Error medio (ME)

$$ME = \frac{1}{n-1} \sum_{j=k+1}^T e_j$$

2. Raíz de error cuadrático medio (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=k+1}^T e_j^2}$$

3. Error absoluto medio (MAE):

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{j=k+1}^T |e_j|$$

4. Error medio porcentual (MPE)

$$MPE = \left(\frac{1}{n} \sum_{j=k+1}^T \frac{e_j}{y_j} \right)$$

5. Error absoluto medio porcentual (MAPE)

$$MAPE = \left(\frac{1}{n} \sum_{j=k+1}^T \frac{|e_j|}{y_j} \right)$$

6. Autocorrelación de los errores con rezago 1. (ACF1)

7. Índice U de Theil de desigualdad.

3.1.4. Prueba de Dickey-Fuller

De una forma muy general, se notará como $I(0)$ a las *Series integradas de orden 0*, es decir, la serie presenta media y varianza constantes. De dichas series se dirá que no presentan problemas de estacionariedad. Análogamente, se nota como $I(1)$ a las series no estacionarias. Formalmente, son aquellas series que tienen una raíz unitaria, es decir, que tienen media o varianza no constantes.

Así, en el caso que sea de nuestro interés saber cuándo una serie es “bien comportada” en el sentido de estacionariedad, se tiene la prueba aumentada de Dickey-Fuller, originalmente

presentada en que establecerá si la serie es integrada de orden 1. Es decir, formalmente

$$\begin{cases} H_0 : y_t \sim I(1) \\ H_1 : y_t \sim I(0) \end{cases}$$

donde $y_t = \alpha y_{t-1} + \epsilon_t$ y $\epsilon_t \sim ARMA(p, q)$ estacionario.

3.1.5. Modelo SARIMAX

Los modelos SARIMAX (auto regresivos integrados de medias móviles estacional con variables explicativas) es una estructura de modelamiento que contiene todas las bondades de un modelo SARIMA y adicionalmente, puede capturar información sobre variables exógenas que puedan ayudar a entender y pronosticar la variable de interés. Para el caso en que se tiene una única variable de interés y , y una única variable independiente x . El modelo que describe la relación entre y en un tiempo t en términos de r observaciones anteriores de x está dado por

$$y_t = \alpha + \phi y_{t-1} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \beta_0 x_{t-1} + \beta_1 x_{t-1} + \dots + \beta_r x_{t-r} + \epsilon_t + \theta_1 \epsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \epsilon_{t-q}$$

donde $\alpha, \beta_i, \phi_j, \theta$ con $i = 0, \dots, r$, $j = 1, \dots, p$, $k = 1, \dots, q$ son parámetros fijados y $\epsilon_t \sim RB(0, \sigma^2)$.

Finalmente, el modelo de la ecuación anterior puede ser escrito como

$$\phi(B)\Phi(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D y_t = \theta(B)\Theta(B^s)\epsilon_t + \sum_{j=1}^r \beta_j x_{t-j}$$

3.2. Series de Tiempo Multivariadas

Los modelos vectoriales auto regresivos, conocidos como modelos VAR, son modelos en los que se asume estacionariedad en la serie de tiempo. Su principal aplicación se da en los análisis de series multivariadas y en análisis macroeconómicos y fueron desarrollados por Sims hacia la década de los ochenta. Estos modelos permiten definir a todas las variables como variables endógenas dado que las consideran funciones lineales de sus propios valores rezagados y también de los valores rezagados de las variables adicionales que componen el modelo. Los pronósticos obtenidos con estos modelos son muchos más ajustados que los obtenidos con modelos Box Jenkins en el corto plazo, sin embargo, tiene ciertas limitaciones al no tener en cuenta problemas como la heterocedasticidad, cambios estructurales en las variables estimadas o relacionales no lineales entre las mismas variable.

3.2.1. Modelo VAR

El modelo vectorial autor regresivo de orden p , VAR(p) es una estructura que da cuenta del comportamiento de varias series de tiempo en una estructura unificada y que generaliza a los modelos auto regresivos (AR(p)) univariados. Puede escribirse, en su forma más general como:

$$\mathbf{y}_t = \boldsymbol{\nu} + A_1 \mathbf{y}_{t-1} + \cdots + A_p \mathbf{y}_{t-p} + \boldsymbol{\epsilon}_t$$

donde $\mathbf{y}_t = (y_{1t}, \dots, y_{Kt})$ es un vector aleatorio de dimensión $(K \times 1)$, las A_i son matrices de coeficientes de dimensión $(K \times K)$, $\boldsymbol{\nu} = (\nu_1, \dots, \nu_K)$ es el vector de interceptos de dimensión $(K \times 1)$ (que permite la posibilidad de tener una media diferente a cero). Finalmente, $\mathbf{u}_t = (u_{1t}, \dots, u_{Kt})$ es ruido blanco K -dimensional o proceso de innovación. Es decir, $E(\mathbf{u}_t) = \mathbf{0}$, $E(\mathbf{u}_t^T \mathbf{u}_s) = \sum E(u_{ts}^T u_s) = 0$ para $s \neq t$. La matriz de covarianzas Σ se asume no singular.

Definiendo el operador de rezago polinomial $A(L) = I_K - A_1 L - \cdots - A_p L^p$ el proceso anterior puede definirse como

$$A(L)\mathbf{y}_t = \boldsymbol{\nu} + \boldsymbol{\epsilon}_t$$

3.3. Reservas técnicas en EPS

«Las reservas técnicas son los recursos que destina una compañía de seguros para respaldar las obligaciones que ha contraído con sus asegurados. El régimen de reserva técnicas es el conjunto de normas prudenciales establecidas por el regulador con el propósito de fijar las directrices que deben seguir las aseguradoras para estimar adecuadamente dichas obligaciones ».(Cuevas, 2011)

A continuación ponemos en contexto la reserva técnica en el sector salud los siguientes parrafos fueron tomados de (González, 2018) como se indico al inicio del capítulo. Las reservas técnicas son un requerimiento emitido por la Superintendencia Nacional de Salud a las entidades con planes complementarios, con servicios de ambulancia por demanda y cajas de compensación y su reglamentación se encuentra distribuida en un compendio de resoluciones como la 4175 del año 2014, la 412 de 2015, donde se establece como deben ser constituidas dichas reservas teniendo en cuenta que las EPS deben garantizar y prestar todos los servicios de salud que requiera el afiliado.

Los tipos de reservas técnicas a las que, las EPS, están obligadas a crear, aplicar y gestionar, son obligaciones pendientes conocidas y liquidadas, obligaciones pendientes conocidas y no liquidadas, obligaciones Pendientes No Conocidas (IBNR), y otras reservas.

Una reserva técnica establecida en una empresa promotora de salud le permite a ésta tener un horizonte de planeación mucho más fuerte, y adicionalmente muestra que tan sanas

están sus finanzas internas. Para crear dichas reservas lo primero es definir los elementos que componen el evento, el cual se puede dividir en evento clínico y no clínico, donde lo no clínico son las consultas, medicamentos, laboratorios, imagenología y demás atenciones propias del servicio. Para todo lo clínico existe otro tipo de estructura y manejo, que debe ir en función de una decisión de la compañía, es se va construyendo de acuerdo a como financieramente la empresa tiene organizado su esquema para mostrar la información.

Otra reserva importante para una EPS son las Obligaciones Incurridas Pendientes No Conocidas (IBNR). Para estas se tiene una metodología muy simple de cálculo llamado Método de Triángulos. Estos triángulos son: Obligaciones Conocidas, Obligaciones Pagadas, Conocidas Acumuladas. En cuanto a los esquemas de cálculo de las reservas técnicas, tanto bases de datos claves en la EPS, las autorizaciones y la facturación. Estas bases son el principio y el final de todo el proceso de cálculo de estas reservas.

Las Obligaciones Pendientes No Conocidas tienen su base de información en la facturación que generan los servicios autorizados. La facturación de las atenciones muestra el detalle, con valor unitario, de todas y cada una de las atenciones prestadas. Cabe anotar que, el IBNR (Incurred But Not Reported) - obligaciones pendientes no conocidas - hacen parte de la reserva que de manera real y contable las EPS deben provisionar para respaldar la atención en salud.

3.3.1. Normatividad colombiana

Según la normatividad colombiana el uso e implementación de las reservas técnicas está reglamentado a través del decreto 2117 del 2016 el cual reglamenta al Sector Salud y Protección Social, en lo relacionado con los procesos de reorganización institucional, condiciones financieras y de solvencia de las Entidades Promotoras de Salud EPS, en su considere el decreto informa: «Que el Gobierno Nacional expidió el Decreto 780 de 2016, Único Reglamentario del Sector Salud y Protección Social con el propósito de compilar las normas de carácter reglamentario que rigen el sector, dentro del cual se incorporó el Decreto 2702 de 2014, que establece las condiciones de habilitación de las Entidades Promotoras de Salud - EPS que les permitan responder por las obligaciones derivadas de la prestación de los servicios de salud protegiendo financieramente a los prestadores de servicios de salud y demás actores relacionados con el Sistema General de Seguridad Social en Salud-SGSSS. »Que de conformidad con el artículo 24 de la Ley 1438 de 2011, al Gobierno Nacional le compete reglamentar las condiciones para que las Entidades Promotoras de Salud cuenten con los márgenes de solvencia, así como con los requisitos habilitantes y de permanencia, de capacidad financiera, técnica y de calidad necesarios para operar de manera adecuada el aseguramiento en salud. Que la Ley 1797 de 2016, estableció en el literal e) del artículo 60 que las entidades responsables de pago deben emitir certificación de reconocimiento de deudas, la cual podrá servir, entre otras opciones, de título de garantía

de operaciones de crédito. Que, en el proceso de implementación de las condiciones pre-citadas, las Entidades Promotoras de Salud del Régimen Contributivo y Subsidiado, han presentado situaciones financieras que deben ser contempladas en el periodo de transición, para continuar con el fortalecimiento patrimonial y la solvencia financiera de estas entidades, garantizando así el cumplimiento de los objetivos del Sistema General de Seguridad Social en Salud - SGSSS », conforme a este decreto la superintendencia nacional de salud y en sus facultades vigila el cumplimiento de este decreto a través de la resolución 4175 emitida el 31 de diciembre del 2014 la cual informa en materia financiera lo siguiente: «Que la Ley 1438 de 2011, por medio de la cual se reforma el sistema general de seguridad social en salud (SGSSS) estableció, como una de las metas, el acceso efectivo a los servicios de salud y entre otros principios contempla el de eficiencia, como la óptima relación entre los recursos disponibles para obtener los mejores resultados en salud y calidad de vida de la población y el de sostenibilidad, el cual define que las prestaciones que reconoce el sistema deben ser financiadas con los recursos destinados por la ley para tal fin y deben tener un flujo ágil y expedito.

Que el volumen, tamaño, complejidad e importancia de los recursos financieros del sector salud, han requerido una continua adecuación de la normatividad, con la cual se han generado procesos nuevos y específicos para lograr la agilidad y celeridad en el flujo de los recursos, desde el generador hasta el prestador de los servicios, con el fin de garantizar la prestación de los servicios de salud a los usuarios. Que el Gobierno Nacional expidió el Decreto 2702 de 2014, con el objeto de actualizar y unificar las condiciones financieras y de solvencia de las entidades autorizadas para operar el aseguramiento en salud, así como establecer los criterios generales para que la información financiera reúna las condiciones de veracidad, consistencia y confiabilidad necesarias para la adecuada y eficaz inspección, vigilancia y control. Que las condiciones establecidas en el citado decreto son exigibles para la habilitación y para la permanencia de las EPS ».

Que corresponde a la Superintendencia Nacional de Salud impartir las instrucciones para la debida aplicación, medición y control de las condiciones financieras y de solvencia y demás disposiciones establecidas en el mencionado decreto.

Página dejada en blanco intencionalmente - No forma parte del cuerpo del trabajo.

Capítulo 4

Marco Metodológico

Se propone un estudio de tipo mixto, descriptivo—analítico, con el fin de proponer un pronóstico para la reserva técnica. Se inició buscando factores característicos de la base de datos para un análisis posterior .

Enmarcados dentro del objetivo del presente trabajo el cual trata de construir un modelo que permita pronósticar la reserva técnica para la EPS SEM en la regional Caldas. Determinamos con base en la bibliografía consultada y recomendaciones del asesor que los modelos que se adecuan a este fin son el SARIMAX y el VAR. Pues permiten a través de las interacciones de las variables en el tiempo realizar pronósticos.

La base de datos fue suministrada por la EPS SEM. Los datos históricos corresponden al periodo comprendido entre el primero de marzo hasta el treinta de junio de 2019 de la regional Caldas. El presente trabajo se estructura en cuatro fases.

La primera, de ellas la identificación se considera trabajar la base en forma diaria, los valores de la facturación se tomaran en millones de pesos, y para efectos prácticos en los modelamientos de series de tiempo, los valores tanto de la facturación como de cantidad de servicios se notaran de forma logarítmica. Los pronósticos y los datos serán transformados a valores exponenciales.

En la segunda fase se estimó los modelos SARIMAX y VAR. El primero de ellos se hizo bajo la metodología *in-sample* (corresponde a las observaciones 1 a la 93) y *out-sample* (observaciones 94 a la 122). La primera tiene como fin estimar y diagnosticar parámetros del modelo. mientras que la muestra *out-sample* se emplea para evaluar el pronóstico del modelo, adicional a esto se analizará si hay puntos atípicos, realizando la identificación y tipo de Outliers. El modelo VAR mide la simultaneidad entre dos variables con base en esto se aplica la metodología VAR para «CANTIDAD»y «FACTURACIÓN», el mencionado modelo es desarrollado también mediante *in-sample* y *out-sample* haciendo una partición de la muestra de manera semejante a la del modelo SARIMAX.

Tercera fase en dos etapas. La primera denominada «diagnóstico» en la cual se analiza mediante test estadísticos y gráficos la viabilidad de los modelos. La segunda «pronósticos» contrasta la muestra *out-sample* con el pronóstico de los modelos SARIMAX y VAR, para verificar la capacidad de pronósticos de los modelos desarrollados.

Capítulo 5

Análisis y Resultados

En este capítulo se realizará la presentación de los modelos de series de tiempo que se obtuvieron a partir de los datos suministrados por la EPS, con el fin de pronosticar la facturación de la regional Caldas. Los modelos mencionados anteriormente serán evaluados bajo la metodología IN-SAMPLE / OUT-SAMPLE, es decir, los datos serán divididos en dos partes, la primera contendrá los datos de tres meses, vistos desde la observación uno hasta la 93, mientras que la parte OUT-SAMPLE inicia a partir de la muestra 94 hasta la 122, los pronósticos que se presentaran inicialmente fueron calculados con los datos IN-SAMPLE, la finalidad es comparar si el modelo es bueno, y este se determina si los pronósticos generados por los modelos se ajustan a los valores verdaderos en el OUT-SAMPLE. Finalizaremos este capítulo contrastando los modelos encontrados.

5.1. Modelo SARIMAX

Según este modelo, lo primero que realizaremos es la identificación e inspección de la serie, según la figura 5.1, se observa la interacción entre la facturación y la cantidad de servicios prestados, se puede apreciar de manera visual que la cantidad persigue a la variable de interés, facturación, tanto en tendencia como en los picos observados. En esta etapa de identificación es necesario tener en cuenta la función de autocorrelación y autocorrelación parcial vistas desde los autocorrelogramas, según el esquema de Box-Jenkins. La figura 5.2 presenta los datos con una diferencia: en su componente estacional y no estacional.

Bajo la metodología Box-Jenkins, se realiza una búsqueda, de un modelo que cumpla con los siguientes criterios: resultados en la prueba de autocorrelación serial, resultados en la prueba de normalidad junto con el comportamiento visual de los residuos, BIC y menor cantidad de parámetros, se obtuvo que el mejor modelo para describir y pronosticar la facturación de la regional es un modelo $(28, 1, 0) \times (0, 1, 1)_7$, donde se excluyen los parámetros del 4 al 27 de la parte AR, y se incorpora la cantidad de servicios prestados, los parámetros del modelo seleccionado se dan en la tabla 5.1. La varianza estimada del modelo es 0.1927 y el BIC calculado es 195.06.

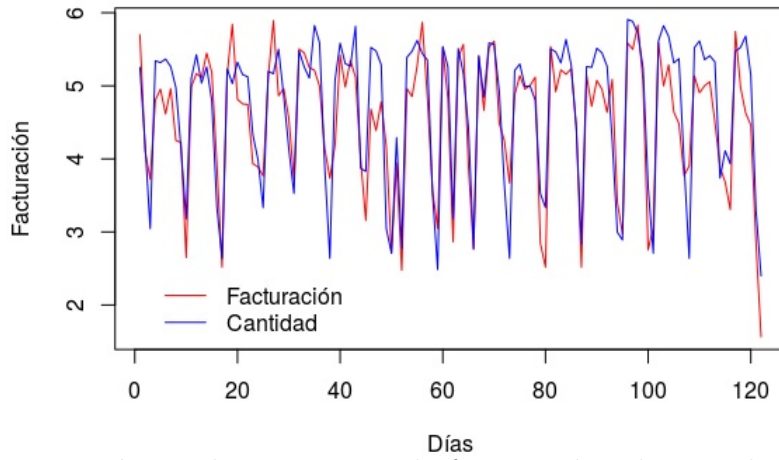


Figura 5.1: Interacción en el tiempo entre la facturación y la cantidad de servicios.

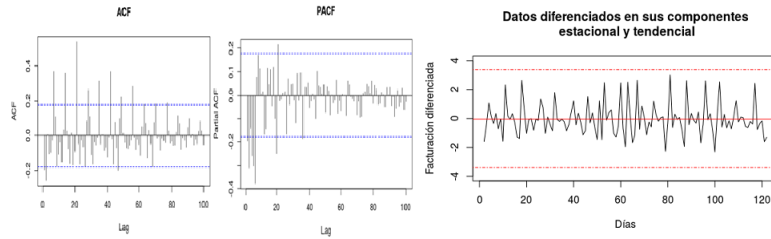


Figura 5.2: ACF y PACF para la serie Facturación con diferencia en sus componentes estacional y tendencial.

En cuanto al diagnóstico del modelo de la figura 5.4 se aprecia un buen ajuste pues los datos ajustados persiguen constantemente a las observaciones originales. En la misma dirección podemos afirmar que no existe ningún problema de autocorrelación serial como lo muestra el ACF y el PACF de los residuales. Hecho que es confirmado por medio de la prueba de Ljung-Box que arrojó un p -valor de 0.7197 lo que con una significancia estadística del 5 % permite afirmar que no hay evidencia para rechazar la hipótesis de no correlación serial en los residuos. En cuanto a la distribución de los residuos con un nivel de significancia del 5 % la prueba de Jarque-Bera arrojó un p -valor de 0.2263 lo que permite afirmar que se distribuyen normalmente y concluimos que los residuos son ruido blanco gaussiano.

Posteriormente se realizó un análisis de intervención el cual arrojó un outlier de tipo Level

Parámetro	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_{28}	Θ_1	Cantidad
Estimación	-0.71	-0.57	-0.23	-0.24	-1	0.66
Error Estándar	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.06
t-valor	-8.09	-6.05	-2.75	-3.11	-12.34	10.14

Cuadro 5.1: Parámetros para el modelo SARIMAX $(28, 1, 0) \times (0, 1, 1)_7$.

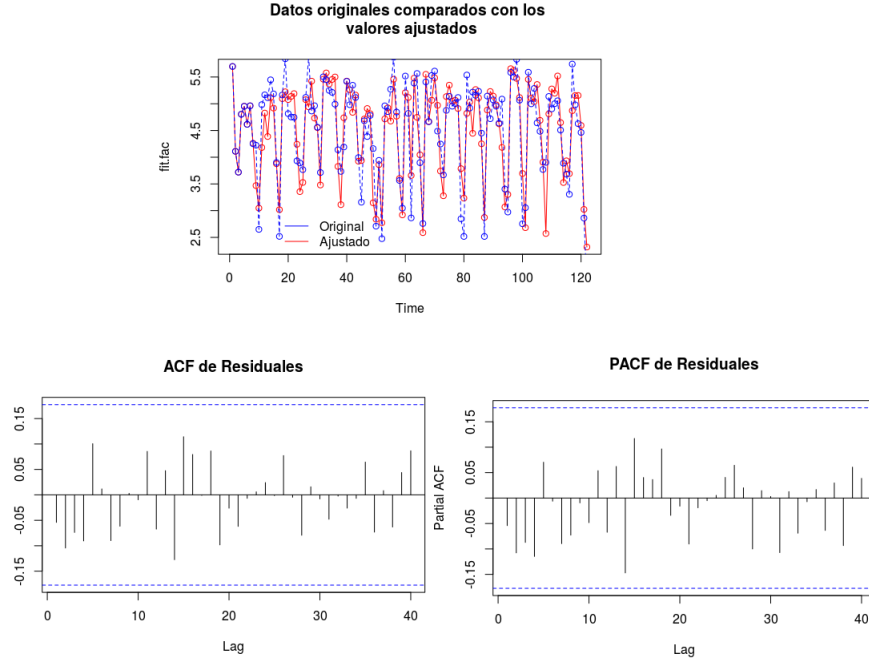


Figura 5.3: Gráficas para el diagnóstico del modelo SARIMAX $(28, 1, 0) \times (0, 1, 1)_7$

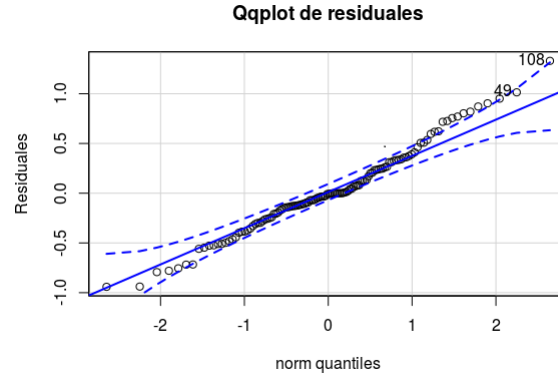


Figura 5.4: Qqplot de los residuos del modelo SARIMAX $(28, 1, 0) \times (0, 1, 1)_7$

Shift (LS) en la posición 121, Este cambio de nivel se presenta en el día 29 de junio del año 2019, el cual coincide con una fiesta popular celebrada en varias partes del territorio colombiano, hacemos referencia a las fiestas de San Pedro y San Pablo, esto nos deja un indicio que en festividades los usuarios asisten de manera mínima a tomar un servicio de salud, lo cual se ve afectado en la facturación. En la tabla 5.2, se pueden observar los parámetros del modelo incluyendo outliers, el cual tiene una varianza de 0.1901. El modelo con intervención presento BIC de 197.89 frente al original que arrojó un BIC de 195.06. Por tal razón emplearemos el modelo sin intervención para realizar los pronósticos.

Ahora procedemos a evaluar los pronósticos del modelo para observar que tanto se ajustan a los contenidos en la muestra out-sample. En la figura 5.6 se presentan, en rojo punteado los pronósticos generados con el modelo. Los datos originales observados se encuentran

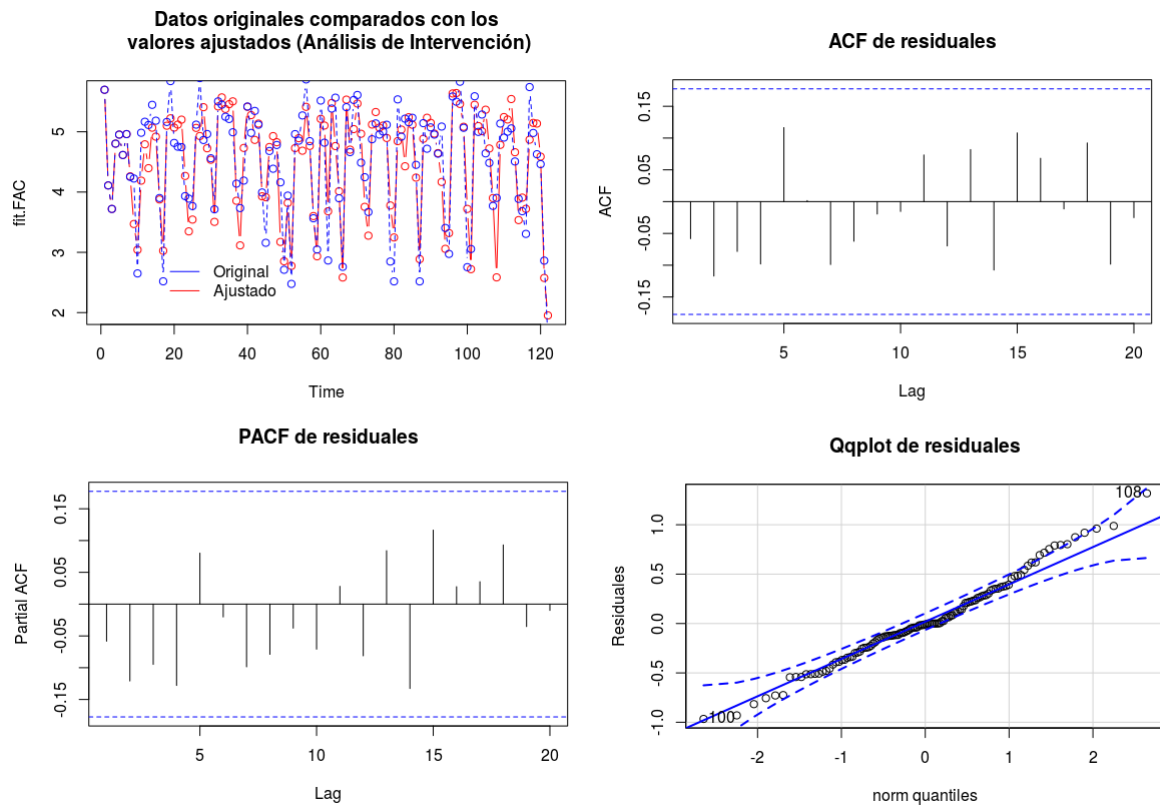


Figura 5.5: Gráficas para el diagnóstico del modelo SARIMAX $(28, 1, 0) \times (0, 1, 1)_7$ con intervención

en verde. Se observa que los valores estimados se encuentran razonablemente cerca a los valores originales de los datos.

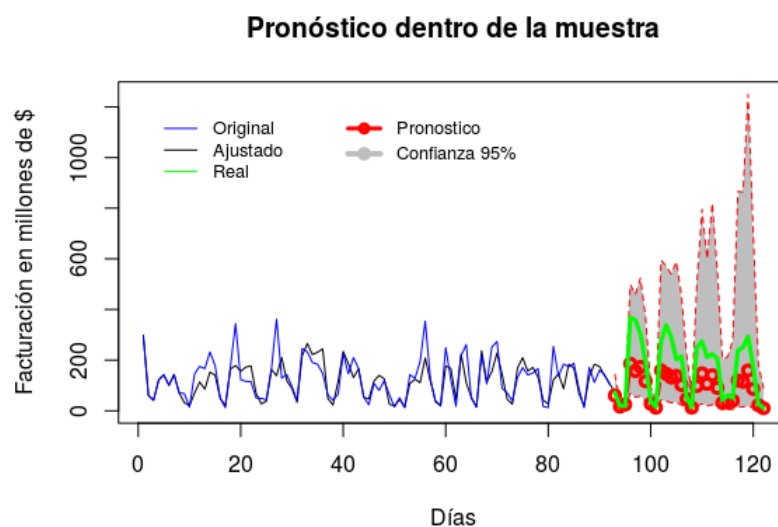


Figura 5.6: Pronóstico in-sample del modelo SARIMAX $(28, 1, 0) \times (0, 1, 1)_7$. Bandas de confianza con un 95 % de confianza

Parámetro	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_{28}	Θ_1	LS121	Cantidad
Estimación	-0.73	-0.6	-0.26	-0.23	-1	-0.52	0.64
Error Estándar	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.37	0.06
t-valor	-8.34	-6.3	-3.04	-2.91	-12.12	-1.39	9.87

Cuadro 5.2: Parámetros para el modelo SARIMAX $(28, 1, 0) \times (0, 1, 1)_7$ incluyendo LS, posición 121.

Finalmente se realizará el pronóstico a 31 días, después de corroborar que el modelo esta pronosticando acertadamente, en la figura 5.7 se evidencia el pronóstico a partir del día 122 al 153, las bandas de confianza al 95 %, nos están informando una gran volatilidad histórica, por ende, su crecimiento exponencial

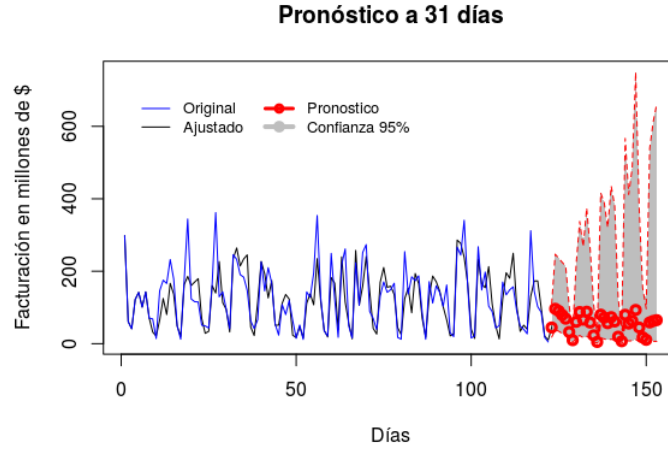


Figura 5.7: Pronóstico a 31 días. Modelo SARIMAX $(28, 1, 0) \times (0, 1, 1)_7$. Bandas de confianza con un 95 % de confianza

5.2. Modelo VAR

Primero comenzaremos con identificar la relación existente entre las series «Facturación»y «Cantidad». En la figura 5.8 se observa una correlación moderada en los rezagos $k = -3, -2, 0$ y 2 . Es decir, visualmente hay una relación entre las variables de estudio en el tiempo. Presentando una correlación de 87,94 %. La ecuación del modelo estimado es:

$$z_{1,t} = 4,1626 - 0,949D_1 - 1,632D_2 - 2,048D_3 + 0,1231z_{2,t-1} + 0,1401z_{1,t-3} + 0,1259z_{1,t-4} \\ + 0,2341z_{1,t-5} - 0,317z_{2,t-5} - 0,2135z_{1,t-6} + e_{1,t}$$

$$z_{2,t} = 5,56 - 0,4668D_1 - 1,56D_2 - 2,068D_3 - 0,2209z_{1,t-1} + 0,2287z_{2,t-1} + 0,3122z_{1,t-5} \\ - 0,3153z_{2,t-5} - 0,1953z_{1,t-6} - 0,2135z_{1,t-6} + e_{2,t}$$

Donde $z_{1,t} = \log(F_t)$, $z_{2,t} = \log(C_t)$ con F =Facturación, C =Cantidad, las D_i son dummies que indican el impacto sobre la facturación en la i -ésima semana,

$$\begin{bmatrix} e_{1,t} \\ e_{2,t} \end{bmatrix} \sim \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \Sigma \right) \quad (5.0)$$

y

$$\Sigma = \begin{bmatrix} 0,3104 & 0,2010 \\ 0,2010 & 0,3453 \end{bmatrix}$$

El número de retardos incluidos en el VAR bajo criterio BIC es 6. En cuanto al

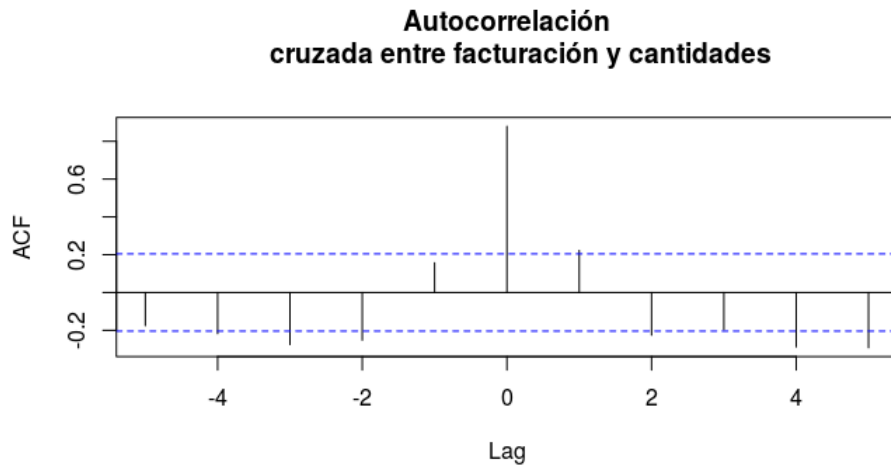


Figura 5.8: Autocorrelograma cruzado entre la variación en la Facturación y Cantidades (in-sample)

diagnóstico del modelo la figura 5.9 muestra no presencia de correlación serial en los residuos, hecho que es ratificado mediante el test de Portmanteau como se puede apreciar en el cuadro 5.3. Existen evidencia estadística para afirmar que los residuales no se distribuyen normalmente y que la varianza de estos es homocedástica como se resume en el cuadro 5.3. Con lo que podemos afirmar que los residuos son ruidos blanco no gaussiano. En cuanto a la causalidad de las variables mediante el test de Granger se encontró a un

Hipótesis nula (H_0)	p-valor	Nivel de significancia
No hay autocorrelacion serial en los residuales	38,05 %	5 %
Los residuales del modelo VAR se distribuyen normal	< 1 %	5 %
la varianza de los residuales es homocedastica	48,78 %	5 %

Cuadro 5.3: Test del modelo

nivel de significancia del 10 % que: La variación en la facturación no influye en la cantidad (valor-p Granger test= 16,16 %). Del mismo modo no se tiene evidencia estadística para

afirmar que la variación en las cantidades influye en la variación de facturación (valor-p Granger test= 12,54 %). Es importante señalar que no se puede realizar un modelo VEC ya que la prueba de cointegración arroja que ambas series no están cointegradas. Realizando un análisis desde el punto de vista de la salud, esto tiene sentido debido a que no es regla que a mayor cantidad de servicios la facturación tiende a ser mayor, y esto tiene fundamento en la variabilidad de precios que hay de un servicio de salud a otro, por ejemplo, las consultas tienen un valor promedio de \$20,000 mientras que una quimioterapia tiene un valor promedio de \$4,000,000, y es de aclarar que las consultas tienen una frecuencia de uso mucho mayor que las quimioterapias dentro de la regional.

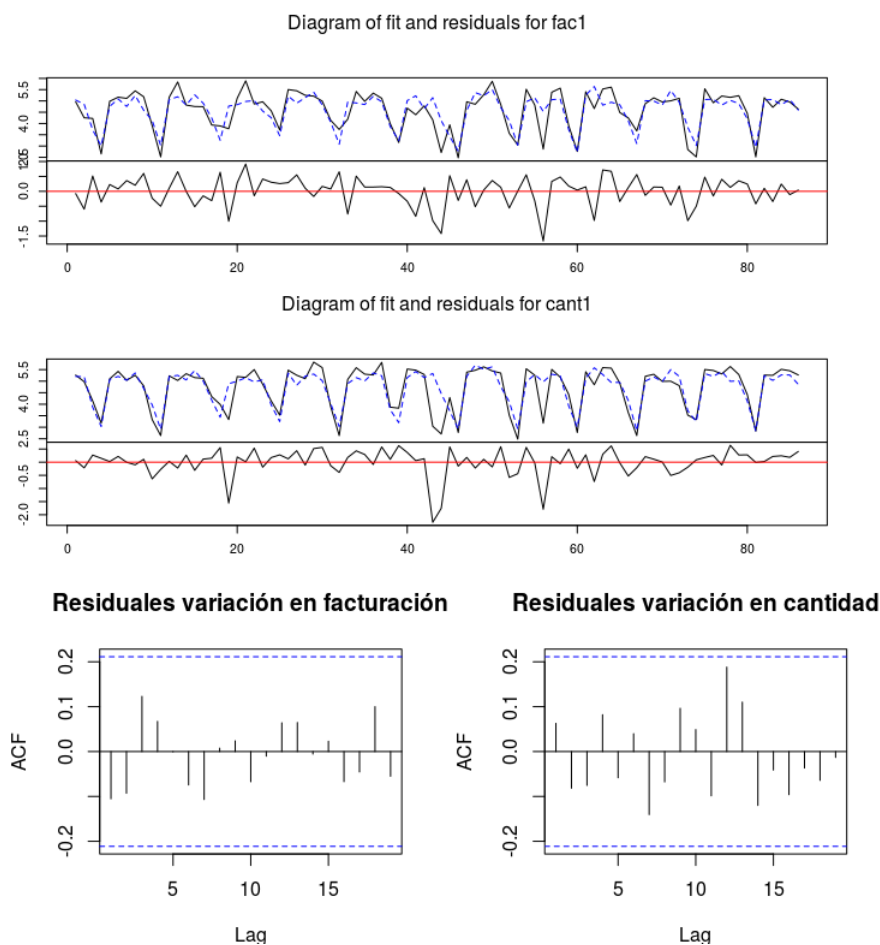


Figura 5.9: Diagrama de los residuales ajustados y autocorrelogramas para las variables del modelo (in-sample)

Empleando metodología in-sample y out-sample se procede a evaluar el pronóstico. Se puede observar en la figura 5.10 que aunque el modelo no sigue a la muestra out-sample de manera exhaustiva este se mantiene totalmente contenido dentro de las bandas de confianza al 95 %.

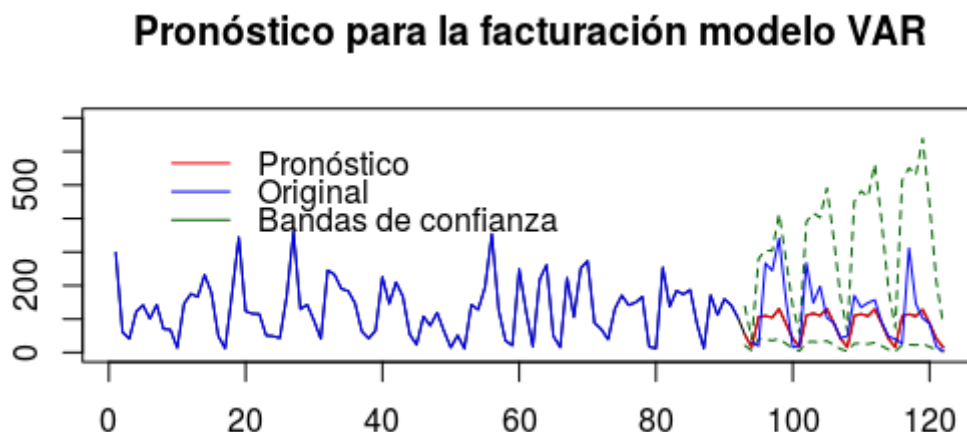


Figura 5.10: Pronóstico para la facturación mediante el modelo VAR

El modelo VAR propuesto permite evidenciar a groso modo que no existe causalidad en ningún sentido entre la Facturación y cantidades, dado que como se mencionó anteriormente existen diferencias monetarias entre los tratamientos médicos. Al mismo tiempo durante el análisis de la base de datos se observó que existen bajas durante los días festivos, así como que se presentan subidas los días lunes en la facturación para la regional Caldas de la EPS SEM. Por esta razón se sugiere a la EPS recortar personal los días festivos y ampliar los días lunes su talento humano.

5.3. Contraste de modelos

El presente trabajo tenía como uno de sus objetivos comparar el modelo SARIMAX con el modelo VAR. Con lo anteriormente mencionado en las secciones anteriores podemos afirmar que ambos modelos pueden pronosticar de manera correcta la facturación de la EPS SEM pero es necesario destacar que el modelo SARIMAX permite realizar dicho pronóstico con un error inferior como lo muestra el cuadro 5.4, por lo que el mencionado modelo es más competitivo frente al modelo VAR.

Medida de error	SARIMAX	VAR
Raíz de error cuadrático medio	0,5163	0,7607

Cuadro 5.4: Evaluación de pronóstico

Capítulo 6

Conclusiones y Recomendaciones

- Se estimó un modelo SARIMAX para la facturación con variable exógena, en este caso es la variable cantidad. El modelo aprueba los test estadísticos y de manera gráfica se ajusta bien a la serie original.
- Se estableció un modelo VAR para entender la relación en el corto plazo entre las variables consideradas, se observa que no existe cointegración entre las variables facturación y cantidad de servicios.
- Se realiza el comparativo entre los modelos y se establece que el modelo más competitivo para pronosticar es el modelo SARIMAX.
- De acuerdo con el alcance del trabajo solo se incluyó la cantidad como una variable exógena. Para un trabajo posterior se recomienda incluir más variables que puedan impactar la facturación de la regional, tomando como referencia la metodología planteada en este trabajo.
- Se evidencia bajas en la facturación y en la cantidad de servicios en los días Sábados y domingos, e incremento de los mismos después del día feriado, comportamiento que sigue el pronóstico dado, Se recomienda a la EPS activar planes de contingencia en estos días para prestar de manera óptima, oportuna y con calidad los servicios de salud a sus afiliados.

Página dejada en blanco intencionalmente - No forma parte del cuerpo del trabajo.

Bibliografía

BOX, G.E.P;JENKINS, *Time series analysis: forecasting and control. Holden-Day series in time series analysis*, Holden-Day, 1970.

CUEVAS M, C., *El Régimen de Reservas Técnicas en Colombia Retos Futuros* Fasecolda, Bogotá Colombia, 2011.

DICKEY, DAVID A.; FULLER, W. A., *Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root* Journal of the American Statistical Association, 74., 1979.

GONZÁLEZ, L, *¿Qué es una reserva técnica en una EPS?*, Periodico EL PULSO, Descargado de http://www.periodicoelpulso.com/diciembre_2018/generales-10.html, 2018.

GUERRERO, G., *La inteligencia de negocios en la integración y estructuración de la información para preparar el cálculo de la reserva técnica en las EPS* Universida de la Sabana, 2019.

GUERRERO, V., *Análisis Estadístico de Series de tiempo económicas* International Thomson Editores, 2 edición, 2003.

GUEVARA, I. A., *Pronóstico de la relación entre tasa de subempleo subjetivo por competencias y la tasa desempleo en Colombia entre enero del 2010 hasta diciembre de 2018 mediante un modelo ARIMAX de series de tiempo. Trabajo de Grado.*, 2019.

LOZANO F.S., BALLESTEROS, V. B., & TOLEDO, J. L. N. , *Gradient Statistic: An option for conducting hypothesis testing in small sample size scenarios*. International Journal of Applied Engineering Research, 13(23), 16368-16375, 2018.

LOZANO F.S., VLADIMIR BALLESTEROS BALLESTEROS, AND JORGE LUIS NISPERUZA TOLEDO. *Improved Likelihood Ratio Tests in Power Series Generalized Nonlinear Models*.International Journal of Applied Engineering Research 13.22 (2018): 15798-15805.

LOZANO F.S., *Propuesta de un índice SIPSA para el pronóstico de la inflación de alimentos*. Fundación Universitaria los Libertadores, Bogotá Colombia, 2018.

LÜTKEPOHL, H, *New Introduction To Multiple Time Series Analysis* Springer, 2005.

METCALFE, A.V.; COWPERTWAIT, S., *Introductory Time Series with R*. SpringerVerlag, New York, 1 edition, 2009.

MINISTERIO DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO, *Proyecto de Decreto «Por medio del cual se modifica el Decreto 2555 de 2010 en relación con el Régimen de las Reservas Técnicas de las Entidades Aseguradoras y se dictan otras disposiciones»*. Bogotá, Colombia, 2013.

MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, *Decreto 2117 de 2016*, Bogotá, Colombia, 2016.

MURILLO, J., TREJOS, A., & OLAYA, P. C., *Estudio del pronóstico de la demanda de energía eléctrica, utilizando modelos de series de tiempo*, Scientia et technica, 3(23), 2003.

PFAFF, B., *Analysis of Integrated and Cointegrated Time Series with R (Use R)* Springer, 2nd edition., 2008.

SCHAWARZ, G., *Estimating the dimension of a model*, The Annals of Statistics, 6., 1978.

SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE SALUD, *Resolución 4175*, Bogotá, Colombia, 2014.

TOWERS WATSON, *Revisión Normativa de Reservas. Reporte de las Fases I y II del estudio contratado por Fasecolda*, Bogotá, Colombia, 2011.

TSAY, R. S., *Multivariate Time Series Analysis: With R and Financial Applications* Wiley, 1 edition, 2013.