

1. APLICACIÓN DE MODELOS DE PRONÓSTICO DE DEMANDA PARA PREDECIR LAS CONSULTAS MENSUALES EN EL HOSPITAL ANTONIO SKRABONJA ANTONCICH¹

Application of Demand Forecasting Models to Predict Monthly Consultations at the Antonio Skrabonja Antoncich Hospital

Axel Javier Zevallos Aquije²

Karen Juliza Palomino Salcedo³

Daniel André Rivera Aquije⁴

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.⁵

¹Derivado del proyecto de investigación: *Application of demand forecasting models to predict monthly consultations in a public health entity.*

²Bachiller en Ingeniería Industrial, Universidad César Vallejo, azevallosa@ucv.edu.pe

³Bachiller en Contabilidad y Administración, Universidad César Vallejo, karenpalomino90@gmail.com

⁴Estomatología, Universidad Privada San Juan Bautista, Estudiante, andre-rivera1@hotmail.com

⁵Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

APLICACIÓN DE MODELOS DE PRONÓSTICO DE DEMANDA PARA PREDECIR LAS CONSULTAS MENSUALES EN EL HOSPITAL ANTONIO SKRABONJA ANTONCICH

Axel Javier Zevallos Aquije, Karen Juliza Palomino Salcedo y Daniel André Rivera Aquije

RESUMEN

En el primer trimestre EsSalud atendió 4,792,714 consultas médicas con tan solo 9,288 médicos laborando en esta red de salud, este déficit en la gestión del recurso humano (personal médico) se ve reflejado en las 69,152 denuncias (último reporte SUSALUD) las cuales están relacionadas a la presunta vulneración de los derechos como pacientes de salud. Las aplicaciones de los modelos de pronóstico estadístico desempeñan un papel importante como la mayor herramienta de mejora (27%) aplicada en la gestión de recursos en las entidades de salud, existen investigaciones aplicadas en los servicios de salud con resultados favorables los cuales conllevaron a la satisfacción del paciente y reducción de costos. En el proyecto de estudio se obtuvo la demanda mensual de consultas externas comprendidas entre enero de 2021 y abril de 2023 del Hospital Antonio Skrabonja Antoncich, se aplicaron 4 variantes de pronóstico de promedio móvil simple y 1 modelo de suavización exponencial con la variante de ARIMA óptimo; finalmente se realizó el pronóstico para el mes de mayo 2023 con un intervalo de confianza de 95%. El modelo seleccionado fue el de promedio móvil simple con longitud 4 el cual presentó los menores valores de error (MAPE=11%, MAD=481, MSD=506,628). Las aplicaciones de los modelos de pronóstico de demanda presentan resultados favorables en cuanto al error de ensayo, esto los convierte en una herramienta práctica para su aplicación en entidades sanitarias.

Palabras Clave: pronóstico; suavización exponencial; Promedio Móvil Simple; ARIMA; Centros de salud.

ABSTRACT

In the first quarter EsSalud attended 4,792,714 medical consultations with only 9,288 physicians working in this health network, this deficit in the management of human resources (medical personnel) is reflected in the 69,152 complaints (last SUSALUD report) which are related to the alleged violation of rights as health patients. The applications of statistical forecasting models play an important role as the major improvement tool (27%) applied in the management of resources in health entities, there are investigations applied in health services with favorable results which led to patient satisfaction and cost reduction. In the study project, the monthly demand for outpatient consultations between January 2021 and April 2023 of the Antonio Skrabonja Antoncich Hospital was obtained, 4 variants of simple moving average forecast and 1 exponential smoothing model with the variant of optimal ARIMA were applied; finally, the forecast for the month of May 2023 was made with a confidence interval of 95%. The selected model was the simple moving average model with length 4, which presented the lowest error values (MAPE=11%, MAD=481, MSD=506,628). The applications of demand forecasting models show favorable results in terms of test error, which makes them a practical tool for their application in healthcare entities.

Keywords: forecast; exponential smoothing; Simple Moving Average; ARIMA; Health Centers.

INTRODUCCIÓN

En el primer trimestre del año, EsSalud atendió cerca de 4,792,714 consultas médicas a los asegurados en el Perú (Diario El Peruano, 2023), estas cifras conllevan a entender el déficit de recursos humanos al existir solo 9288 médicos en esta red de salud.

La Superintendencia Nacional de Salud (SUSALUD) reportó 143,145 atenciones (denuncias) en los servicios de salud para el año 2022, del total, el 92.96 % (132,715) corresponden a entidades de salud públicas como el Ministerio de Salud, EsSalud y Centros de Gobiernos Regionales (Estado Peruano, 2023). Adicionalmente, de la totalidad de atenciones, el 48.31% (69,152) se relacionaron a presunta vulneración de los derechos como pacientes de salud (Estado Peruano, 2023).

Una de las maneras más importantes para la planificación de recursos en las redes de salud es la aplicación de modelos de pronóstico, se han realizado estudios en cuanto a la aplicación del pronóstico estadístico en centros hospitalarios demostrando que la aplicación de modelos basados en series de tiempos desempeña el papel más dominante con un valor del 27% (Gul M. Celik, 2020).

Distintos modelos de pronóstico existen y su aplicación se basa en el comportamiento de la serie de tiempo de la muestra a trabajar, al no existir tendencia o estacionalidad y al presentar alta variabilidad, el modelo de suavización exponencial ha presentado resultados favorables en su aplicación en servicios de urgencias, asimismo su aplicación se puede aplicar en servicios como hospitales, ambulancias o atención clínica (Rostami-Tabar, 2023). En el mismo escenario, la aplicación del modelo de promedio móvil simple, cuando la demanda es uniforme, ha presentado resultados favorables minimizando errores en resultados de previsión, de esta manera se pudo contribuir en la mejora de la satisfacción de pacientes y costos de gestión en instituciones sanitarias (Cheng, Chiang y Chen, 2016).

MATERIAL Y MÉTODOS

En el presente proyecto de investigación, se obtuvo la demanda (consultas externas realizadas) de los meses comprendidos entre enero de 2021 y abril de 2023 (28 ítems) del

Hospital Antonio Skrabonja Antoncich. Debido a la alta variabilidad, no estacionalidad y ausencia de tendencia de la serie de tiempos obtenida, para estos 28 ítems, se limitó a realizar la aplicación de 4 variantes de promedio móvil simple (n=2,3,4,5). El límite de variantes se debe al crecimiento de los valores de error que presentaron los niveles superiores a n=6. Para el modelo de promedio móvil simple se aplicó la fórmula:

$$F_{t=n+1} = \frac{D_{t-1} + \dots + D_{t-n}}{n}$$

$$n = 2; 3; 4; 5$$

De igual manera, se aplicó el modelo de suavización exponencial con ARIMA óptimo en donde se utilizó la ponderación para poder minimizar la sumatoria de residuos cuadrados mediante modelo ARIMA (0,1,1), asimismo, en este modelo se incluye el orden 1 de promedio móvil. Las fórmulas utilizadas se presentan a continuación:

$$F_{t=1} = D_{t=1} \quad F_t = F_{t-1} + \alpha (D_{t-1} - F_{t-1})$$

Obtenidos los resultados de pronóstico, valoramos los ensayos en función a los estadísticos más relevantes en función a la eficiencia del modelo: el error porcentual absoluto medio (MAPE), la desviación absoluta de la media (MAD) y la desviación cuadrática media (MSD).

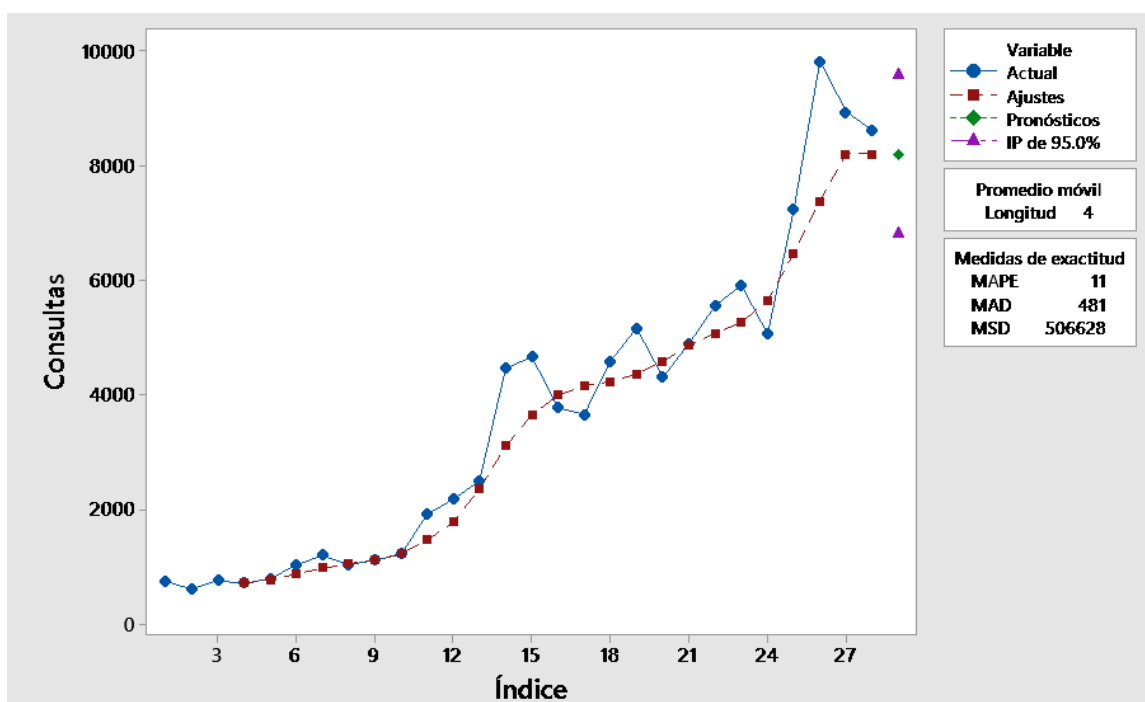
Finalmente, se obtiene la gráfica de probabilidad normal y el histograma de residuos de todas las observaciones para ampliar la visualización y comportamiento del error. Del mismo modo, el vs ajuste y vs orden en relación a los residuos para determinar la varianza y patrones del modelo en relación al ajuste de los datos.

RESULTADOS

Al realizar las corridas de los 5 modelos (4 variantes de promedio móvil simple suavización exponencial), el mejor modelo fue el promedio móvil simple de longitud 4 con un valor MAPE de 11%, MAD de 481 y MSD de 506628; por lo tanto, se eligió el modelo para efectuar el pronóstico del mes 29 el cual fue de 6816 consultas externas con un Intervalo de Predicción del 95% el cual presenta límite superior e inferior de 9607 y 8212 respectivamente.

Figura 1

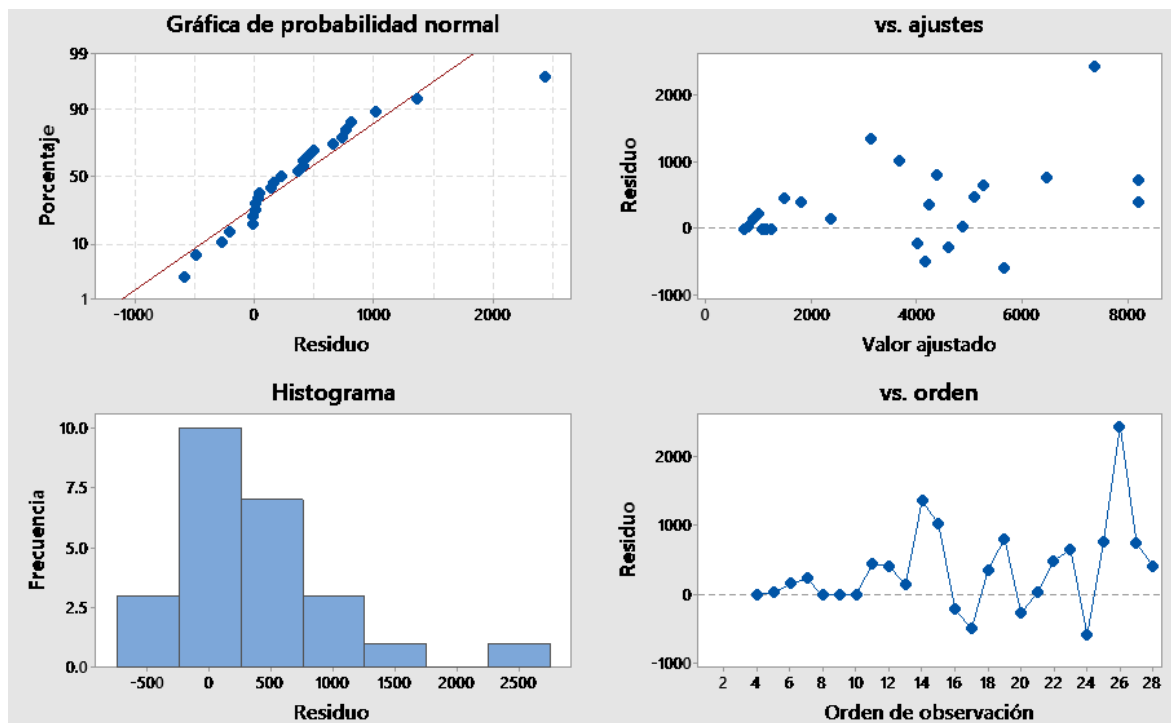
Gráfica de promedio móvil de Consultas en Hospital “Antonio Skrabonja Antoncich”



Nota. Elaboración propia.

Figura 2

Gráfica de residuos promedio móvil de Consultas en Hospital “Antonio Skrabonja Antoncich”



Nota. Elaboración propia.

Adicionalmente, se obtuvieron las gráficas de residuos para analizar el comportamiento del ensayo pronóstico: la gráfica de probabilidad normal de los residuos demuestra un comportamiento con una curva S con colas largas, lo cual indica la normalidad de los residuos; el histograma de residuos demuestra comportamiento simétrico con una variante atípica, sin embargo, se ajusta a los datos; la gráfica residuos vs ajuste demuestra aleatoriedad en los puntos lo cual señala un pronóstico más preciso; finalmente, la gráfica residuos vs orden demuestra aleatoriedad y no tendencia establecida lo cual indica que el modelo tiene un gran ajuste a los datos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De los 5 modelos aplicados para el pronóstico de consultas en el mes de mayo del Hospital Antonio Skrabonja Antoncich, el modelo de promedio móvil simple longitud 4 presentó los menores valores de error (MAPE=11%, MAD=481, MSD=506,628). Las gráficas de residuos confirman la efectividad del modelo denotando normalidad en los residuos, simetría, precisión del modelo y gran ajuste con los datos.

El error porcentual absoluto medio (MAPE) obtenido fue de 11% lo cual indica que el error absoluto de los datos reales es muy preciso en relación al valor pronóstico; el valor de la desviación absoluto de la media (MAD) expresa valores mínimos entre las mismas unidades teniendo en cuenta las cifras del ensayo (unidad: miles); del mismo modo, el valor de la desviación cuadrática media (MSD) refleja un valor muy preciso en los valores ajustados en la serie de tiempo trabajada.

La limitación más importante en la elaboración del presente proyecto es la data histórica a trabajar, si esta data es mayor, pues el margen de error será menor; sin embargo, la limitante surge en la variabilidad que podría generar las cifras del año 2020 al tener valores atípicos a causa de las limitaciones laborales que presentó la pandemia del COVID-19.

La variabilidad de los modelos de pronóstico puede ser sensible al presentarse factores externos como políticos, logísticos y aquellos factores abruptos (no esperados) los cuales puedan ampliar el margen de error, se recomienda considerar ese margen al momento de evaluar resultados.

La aplicación de los modelos de pronóstico de demanda en las entidades de salud es una herramienta efectiva para la previsión de recursos, distintos modelos se aplicaron en otros países con resultados favorables; aplicarlos en un contexto de bajos recursos sería conveniente en relación al costo beneficio que pueda generar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Diario el Peruano. (15 de abril 2023). *EsSalud atendió más de 4.7 millones de consultas médicas en el primer trimestre*. [Comunicado de prensa] El Peruano. [EsSalud atendió más de 4.7 millones de consultas médicas en el primer trimestre \(elperuano.pe\)](#)
- Estado Peruano. (18 de enero 2023). *SUSALUD: Más del 92% de atenciones brindadas en el 2022 se referían a casos en establecimientos de salud públicos*. [Nota de prensa]. Plataforma Digital Única del Estado Peruano. [SUSALUD: Más del 92% de atenciones brindadas en el 2022](#)
- SUSALUD (2022). *Boletín Estadístico, cuarto trimestre 2022*. [Boletín Estadístico 2022 4to Trimestres .pdf \(www.gob.pe\)](#)
- Gul M y Celik E. (2020). An exhaustive review and analysis on applications of statistical forecasting in hospital emergency departments. *Health Systems*, 9(4), 263-284. <https://doi.org/10.1080/20476965.2018.1547348>.
- Rostami-Tabar B., Browell, J y Svetunkov, I. (2023). Probabilistic forecasting of hourly emergency department arrivals. *Health Systems*, 1(1), 1-17. <https://doi.org/10.1080/20476965.2023.2200526>.
- Cheng, C. Y., Chiang, K. L. y Chen, M. Y. (2016). Intermittent Demand Forecasting in a Tertiary Pediatric Intensive Care Unit. *Journal of Medical Systems*, 40(10), 217. doi: <https://doi.org/10.1007/s10916-016-0571-9>