

Pronóstico de importaciones de carga contenerizada en el 2021

Cristopher Laguna García¹, María Teresa López Ostría¹, Juan Pablo Torres Valdespino¹, Margarita Prieto Uscanga¹ y María Elena Montes Almanza¹

¹ División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Querétaro, Av. Tecnológico s/n esq. Gral. Mariano Escobedo, Centro histórico, C.P. 76000, Querétaro, México

[Correspondencia: m19141459@queretaro.tecnm.mx](mailto:m19141459@queretaro.tecnm.mx)

Resumen

El escenario provocado por el COVID-19 ha afectado considerablemente al sector productivo; dañó directamente la cadena de suministros, lo cual ocasionó la disminución de importaciones y exportaciones. Entre mayo y agosto del 2020, ocurrió un descenso en el número de importaciones de carga contenerizada y condujo al descontento en las agencias aduanales. Lo anterior motivó a fijar la atención en el comportamiento de dicho proceso logístico para el próximo período. El presente artículo tuvo como objetivo realizar el pronóstico de la demanda de contenedores importados para el 2021. Para ello se aplicó una metodología predictiva, para la cual se consideraron datos históricos mensuales de las importaciones de contenedores. A través de un estudio por los períodos 2019 y 2020 mediante el método Holt-Winters multiplicativo y aditivo, se seleccionó este último, ya que el periodo 2020 presenta menor margen de error y muestra mejores valores suavizados para el nivel, tendencia y ajuste estacional en el pronóstico de 12 meses. El método se aplicó con niveles de suavización alfa, beta y gamma, entre 0.2 a 0.4 a prueba y error, para buscar aquel que proyectase el error menor y el mejor ajuste. De esta manera se determinó que el nivel que más se ajustaba era de 0.4, el cual, además, obtuvo 9.77 % de error medio absoluto porcentual (MAPE). Lo anterior permitió comparar los pronósticos y los históricos de importación, prever un incremento esperado en las importaciones para el 2021 y realizar la comparación del pronóstico emitido con la cantidad real de la carga contenerizada en los periodos evaluados.

Palabras clave

Contenedores, cadena de suministros, comercio internacional, pronóstico, Holt-Winters

Abstract

The scenario provoked by COVID-19 has considerably affected the productive sector; it directly damaged the supply chain, which caused a decrease in imports and exports. Between May and August 2020, there was a decrease in the number of containerized cargo imports and led to dissatisfaction in customs agencies. This led to focus on the behavior of this logistic process for the next period. The objective of this article was to forecast the demand for imported containers for 2021. For this purpose, a predictive methodology was applied, for which monthly historical data on container imports were considered. Through a study for the 2019 and 2020 periods using the multiplicative and additive Holt-Winters method, the latter was selected, since the 2020 period presents lower margin of error and shows better smoothed values for the level, trend and seasonal adjustment in the 12-month forecast. The method was applied with alpha, beta and gamma smoothing levels, between 0.2 and 0.4 on a trial and error basis, in order to find the one that projected the lowest error and the best adjustment. In this way, it was determined that the level with the best fit was 0.4, which also obtained 9.77% mean absolute percentage error (MAPE). This made it possible to compare the forecasts and historical imports, forecast an expected increase in imports by 2021 and compare the forecast with the actual amount of containerized cargo in the periods evaluated.

Keywords

Containers, supply chain, international trade, forecasting, Holt-Winters

Artículo arbitrado

Recibido:
15 de junio de 2021

Aceptado:
30 de junio de 2021

Introducción

México y el mundo se enfrentan ante una situación que ha afectado a la economía y el bienestar social. Esto a pesar de todas las estrategias de prevención y aislamiento, que fueron implementadas para conseguir la disminución de casos y muertes por SARS-CoV-2. La situación trajo consigo cambios substanciales, ante los cuales muchas empresas plantean profundas interrogantes sobre cómo deberían gestionar sus operaciones. Hoy en día, una de las actividades que ha generado sinergia entre las operaciones es la logística, entendiéndose ésta como la “forma de organización que adoptan las empresas en lo referente al aprovisionamiento de materiales, producción, almacén y distribución de productos” (Gómez, 2014). La logística se convirtió en un tema estratégico como consecuencia de las posibilidades que ofrece a las empresas para conformar eficiencias operativas y crear ventajas competitivas (Lima, Orlem, Breval, Rodríguez, & Follman, 2017). Para que una mercancía logre llegar al cliente a través de la cadena de suministros, requiere de la coordinación y colaboración con proveedores de materias primas, fabricantes, distribuidores, minoristas y el cliente final; un proceso que abarca desde el diseño de un producto o servicio, hasta la entrega o prestación a los consumidores finales y que tiene como objetivo de generar oportunidades para lograr una ventaja competitiva e impulsar su rentabilidad en un mercado de continuos cambios (Calatayud & Katz, 2019).

La pandemia por el COVID-19 desencadenó que las personas utilizaran canales de compra *online*, lo cual sustituyó una demanda de movimiento de mercancías, a través de diferentes modos de transporte: aéreo, terrestre y marítimo provocando que se haga más eficiente la cadena tanto en el despacho de materias primas como en el despacho de insumos. En el caso de movimiento de mercancías por vía marítima, la acción se lleva a cabo a través barcos cargueros tanto para carga suelta (*break bult*) o contenedores (Bermúdez, 2011). Estos, en su gestión en patio deben ser cuidados estratégicamente debido al volumen del

tráfico de carga por sus instalaciones, ya que cada puerto maneja diferentes tipos de carga lo que significa contar con un adecuado proceso administrativo del patio de contenedores para que se puedan utilizar de forma adecuada los recursos y brindar un buen servicio al cliente (Buiza, 2015).

Actualmente, las comunidades logísticas promueven el desarrollo, integración, agilidad y calidad en los procesos de cada uno de los miembros de la cadena logístico-portuaria, se constituyen en actores claves en la fluidez del comercio internacional de bienes, enfrentándose al reto de vincular de manera eficaz y eficiente los eslabones de la cadena logística portuaria y su zona de influencia, lo que promueve la colaboración e integración para crear asociaciones y trabajo en equipo, además de avanzar en innovación, nuevas infraestructuras y apropiación tecnológica en procesos que faciliten la eficiencia del puerto y la mejora continua en el servicio al usuario con generación de mayor valor agregado (Arango, 2019).

Se parte de la opinión de Jorge Lecona (2020), director ejecutivo de Hutchison Ports de América Latina y el Caribe, quien afirmó que la pandemia sacudió las economías de los países a nivel mundial, lo cual provocó una alteración en los volúmenes de comercio en los principales puertos y afectó directamente el desempeño marítimo. Según el Índice Global PMI 2020, la economía de México se encuentra deteriorada debido al impacto del COVID-19 (Zanela, 2020). Asimismo, Alicia Bárcena (2020), Secretaria Ejecutiva de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), menciona en conferencia de prensa el informe especial COVID-19 de la CEPAL que, a nivel mundial, el comercio marítimo por contenedores ha seguido una tendencia descendente desde la irrupción de la pandemia. Tan solo en América Latina, en el período enero-mayo de 2020 fue del -6,1 %, en relación al movimiento portuario de contenedores, lo cual marca una notoria reducción del movimiento portuario, que ha provocado la variación interanual de la actividad portuaria, por lo que en una muestra de puertos, que representa el 80 % de la carga total de América Latina y el Caribe, la caída regional del movimiento de contenedores es de alrededor del 1 %, mientras que,

para el mismo período, la suma de importaciones y exportaciones por contenedor se redujo un 6 %.

Sin embargo, la Organización Mundial del Comercio (2020) hace mención en el comunicado de prensa *“Desplome del comercio ante la pandemia de COVID-19, que está perturbando la economía mundial”* que el comercio ya apreciaba una disminución desde el 2019 previo a la llegada del COVID, por tensiones comerciales y el lento crecimiento económico, presentando un descenso durante el año en el volumen del comercio mundial de mercancías. Los autores Bekkers, Keck, Koopman, & Nee (2020) pronostican para el 2020 una reducción entre el 13% y el 32% como consecuencia de la perturbación de la actividad económica normal y de la vida por las consecuencias del virus lo que determina una recuperación resulta incierta para el 2021 ya que los efectos de realza dependen en gran medida de la duración del brote y de la eficiencia de las operaciones comerciales y la gestión.

La modernización inminente de los sistemas portuarios por el COVID-19, no puede esperar debido a que se requieren generar cambios legales y culturales. Glass (2020) identifica que hay tres aspectos en que los operadores portuarios globales están analizando actualmente: 1) innovaciones y automatizaciones, a fin de generar una disrupción en el funcionamiento de terminales portuarias; 2) operaciones e ingeniería inteligente, a través de mecanismos de procesamiento de datos, Big Data computación en la nube, que permitan generar patrones de comportamiento y 3) conectividad que refiere las posibilidades del puerto para comunicarse con otros de forma directa. Esta comunicación permitiría dar respuesta a los efectos de la pandemia, los cuales han generado preocupación en terminales por la ocupación que se presenta en patio, ya que los navíos siguen ingresando a puerto para descargar mercancía, pero ésta no puede ser entregada porque empresas y mercados están cerrados. Esta situación ha generado un aumento en los costos operativos, baja en facturación y extensión de pago, lo cual produce incertidumbre en el proceso de negocio.

En este sentido, el sector del comercio exterior debe tomar en cuenta un enfoque de gestión de la

resiliencia, la cual resulta relevante ante esta situación. Según Vargas, González, & Cornejo (2015) la gestión de la resiliencia en una organización es la capacidad para resistir las perturbaciones o impactos, para continuar su actividad y adaptarse a los riesgos a los cuales está expuesto. Esta capacidad exige lograr un estado de preparación permanente que permita, llegado el momento, hacer frente a situaciones extremas de perturbación o impacto frente a condiciones de incertidumbre, riesgo, vulnerabilidad y exposición. A razón de los autores Bustos, Balbuena, Zamora & Ascencio (2021), la resiliencia en cadenas de suministros comprende la capacidad adaptativa para prepararse ante la ocurrencia de eventos inesperados, responder a disrupciones y recuperarse de ellas, a fin de mantener la continuidad en las operaciones en un nivel deseado.

En particular, los autores Kilpatrick & Barter (2020) puntualizan que los principales conflictos a los que se han tenido que enfrentar las agencias aduanales, tras la llegada del virus, son las obstrucciones de la cadena de suministro, lo cual ha provocado la dificultad para recuperar la producción, debido al retraso en el retorno de las fuerzas laborales, la falta de movilidad de personal y las restricciones de tráfico. Derivado de estas dificultades, se han generado diversas disrupciones que han tenido que enfrentar algunas agencias aduanales de Manzanillo en el estado de Colima, que presenta circunstancias como: 1) estancamiento de mercancías debido al cierre de puertos extranjeros, como los de China y Francia; 2) detención de carga contenerizada en los principales cruces fronterizos de Tamaulipas (Nuevo Laredo y Matamoros) lo cual ha ocasionado la saturación de los patios o almacenes de contenedores, así como ha aumentado costos de almacenamiento y 3) la transferencia de contenedores del puerto de Lázaro Cárdenas al puerto de Manzanillo, debido a los constantes bloqueos de los canales de distribución terrestres (vía férrea y carretero) que convergen junto al incremento de contenedores en terminales portuarias y recintos fiscalizados.

Por ello, se realizó un análisis que permita pronosticar la cantidad de contenedores que serán importados para el periodo 2021 a cargo de una empresa dedicada

a servicios de agencia aduanal, de la cual se han obtenido los datos del número de contenedores importados en los períodos 2019 y 2020, para así evaluar la demanda de estos.

Método

Para el desarrollo de este artículo se efectuó una investigación predictiva, que permitió realizar la exploración, descripción, comparación, análisis y explicación del caso de estudio tomando en consideración los datos históricos mensuales de la importación de contenedores en 2019 y 2020 de una empresa dedicada a ofrecer servicios de agencia aduanal ubicada en la ciudad de Manzanillo, Colima mediante el registro en hojas de cálculo.

Dicha investigación tiene como objetivo pronosticar la cantidad de contenedores que serán importados para el período 2021, mediante un método series de tiempo, Holt-Winters permitiendo conocer la estacionalidad y tendencia futura.

Los datos históricos fueron procesados mediante el Software Minitab en su versión 2018.

Pronóstico de serie de tiempos

El enfoque de empuje tirón, utilizado para el pronóstico de la demanda en la planeación de la cadena de suministro, determina un horizonte en la realización de la predicción de la carga contenerizada para el periodo 2021, ya que todos los procesos de empuje se realizan con anticipación a la demanda del cliente, se planea el nivel de la actividad. Por otro lado, los procesos de tirón se realizan en respuesta a la demanda del cliente, lo cual permite así planear el nivel de capacidad disponible y el inventario, pero no con la capacidad real. De este modo, los métodos de pronóstico de series de tiempo utilizan la demanda histórica para disponer de un pronóstico sustentándose en la suposición de que la historia de la demanda pasada es un buen indicador de la demanda futura demostrando que son los más apropiados

cuando existe poca variación significativa, el patrón de la demanda básica de un año al siguiente (Chopra & Meindl, 2013).

Método de Holt-Winters

El método de suavizamiento exponencial triple, Holt-Winters, permite tratar series de tiempo univariantes que contienen factores de tendencia y estacionalidad, que incluyen métodos para patrones estacionales aditivos y multiplicativos (Sudheer & Suseelatha, 2015). En función de la variación estacional de los datos, existen diferentes tipos estacionalidad multiplicativa y aditiva. En la Tabla 1, se pueden observar las curvas de datos con las tendencias y la estabilidad que muestran (Liu, Sun, Zhang, & Li, 2020).













	Sin estacionalidad	Aditiva	Multiplicativa
Sin tendencia			
Aditiva			
Multiplicativa			
Moderada			

Tabla 1. Ejemplos de tipos de curvas de datos de tendencias y estacionalidad aditiva y multiplicativa para realizar el análisis preliminar. Fuente: Liu, Sun, Zhang & Li (2020).

El método Holt-Winters se basa en tres ecuaciones de suavización y necesita de al menos los datos de la temporada completa con todas sus estaciones, lo que permite determinar los componentes estacionales S_{t-s} ; una temporada completa consiste en L periodos y es necesario estimar el factor de tendencia de un periodo al siguiente (Hernández, Tapia, & Hernández, 2019).

Este método es una ampliación perfeccionada del método Holt-Winters que considera solo dos exponentes suavizantes, mientras que el método Holt-Winters es un método de triple exponente considerando nivel (L_t), tendencia (b_t) y

estacionalidad (S_t) contemplando dos tipos de modelos de acuerdo al tipo de estacionalidad: Holt-Winters Multiplicativo y Holt-Winters Aditivo (Maguiña, 2016).

Para llevar a cabo el pronóstico de la cantidad de importaciones de carga contenerizada para el periodo 2021, se tomaron en cuenta las operaciones realizadas por una empresa dedicada a brindar servicios de agencia aduanal. Mediante el modelo de Holt-Winters, se utilizaron datos históricos mensuales de contenedores ingresados en los periodos 2019 y 2020. De esta forma, fue posible realizar la predicción, a partir de un total de 24 meses presentados a observación, de acuerdo a la metodología Holt-Winters empleada por Mejía & González (2019) en su análisis.

Holt-Winters multiplicativo

La suavización exponencial de forma multiplicativa conforme a Oracle (2021), es un método que calcula valores suavizados exponencialmente para el nivel, tendencia y ajuste estacional para la previsión. Este método se enfoca en aquellos datos con tendencia y estacionalidad que aumentan a lo largo del tiempo, dichos valores se calculan de acuerdo a las siguientes ecuaciones a, b, c y d (Ferbar & Strmcnik, 2016):

Serie suavizada exponencialmente o nivel de estimación:

$$L_t = \alpha \left(\frac{Y_t}{S_{t-s}} \right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (a)$$

Estimación de la tendencia:

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (b)$$

Estimación de la estacionalidad:

$$S_t = \gamma \left(\frac{Y_t}{L_t} \right) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (c)$$

Predicción de m periodos en el futuro:

$$F_{t+m} = L_t + mb_t + S_{t+m-s} \quad (d)$$

Holt-Winters aditivo

La suavización de forma aditiva, de acuerdo a Oracle (2021), es un método que funciona mejor para aquellos datos con tendencia y estacionalidad que no aumentan a lo largo del tiempo, lo cual produce valores suavizados exponencialmente para el nivel, tendencia y ajuste estacional para la previsión mostrados de acuerdo a las siguientes ecuaciones e, f, g y h (Ferbar & Strmcnik, 2016):

Serie suavizada exponencialmente o nivel de estimación:

$$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (e)$$

Estimación de la tendencia:

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (f)$$

Estimación de la estacionalidad:

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (g)$$

Predicción de m periodos en el futuro:

$$F_{t+m} = L_t + mb_t + S_{t+m-s} \quad (h)$$

Donde para ambos métodos:

L_t es el valor suavizado para el nivel de la serie en el periodo

α es la constante de suavización exponencial para el nivel

Y_t es el valor real de la serie en el periodo t

b_t es el componente de tendencia de la serie para el periodo t

β es la constante de suavización exponencial para la tendencia

S_t es el componente estacional de la serie para el periodo t

S_{t-s} es el componente estacional de la serie calculado para el periodo $t - s$

γ es la constante de suavización exponencial para la estacionalidad

s es la longitud de la estacionalidad

m son los periodos futuros a predecir

F_{t+m} es la predicción de Holt-Winters en el periodo $t + m$

Medidas de error para el pronóstico

Para Chopra & Meindl (2013) el cálculo de las medidas de error precisa, si el método de pronóstico que se está empleando predice con puntualidad el comportamiento sistemático de la demanda.

Estas medidas se obtienen mediante las ecuaciones desviación absoluta media (i), error cuadrático media (j) y error medio absoluto porcentual (k).

La desviación absoluta media (MAD), es el promedio de la desviación absoluta durante todos los periodos:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |Y_t - F_{t+m}|}{n} \quad (i)$$

El error cuadrático medio (MSD) se relaciona con la diferencia entre el pronóstico y el valor real de la demanda:

$$MSD = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - F_{t+m})^2}{n} \quad (j)$$

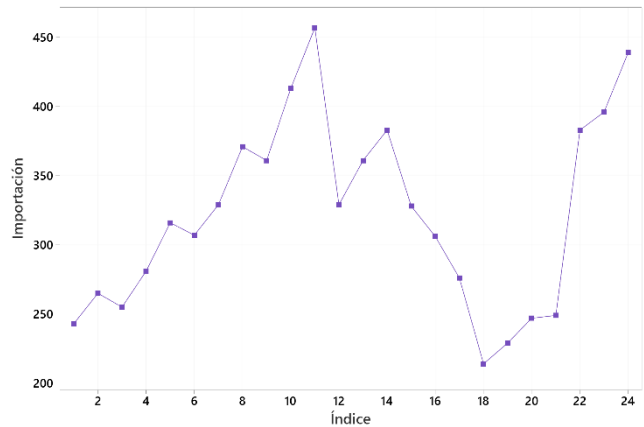
El error medio absoluto porcentual (MAPE) es el error absoluto promedio, expresado en porcentaje de la demanda:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - F_{t+m}|}{Y_t}}{n} \times 100 \quad (Y_t \neq 0) \quad (k)$$

Resultados

Análisis preliminar

Como primer paso y, con base en el modelo Holt-Winters, se realiza un análisis preliminar de la serie de tiempo (ver Gráfica 1) correspondiente al número de importaciones de carga contenerizada en los años 2019 y 2020.



Gráfica 1. Serie de tiempos de contenedores importados con t=24 periodos correspondientes a 2019 y 2020 con ligera tendencia estacional. Fuente: elaboración propia.

Como se muestran en la Tabla 2, se ha logrado detectar que los datos tienen un comportamiento estacional y una tendencia de la cantidad de contenedores importados aditiva. Por último, se detectó también la presencia de valores atípicos como es el caso del mes 18, correspondiente al mes de junio de 2020, que presentan una caída significativa.

Periodo	2019	2020
Enero	243	361
Febrero	265	383
Marzo	255	328
Abril	281	306
Mayo	316	276
Junio	307	214
Julio	329	229
Agosto	371	247
Septiembre	361	249
Octubre	413	383
Noviembre	457	396
Diciembre	329	439

Tabla 2. Datos históricos de una agencia aduanal en Manzanillo, Colima de contenedores importados en los periodos 2019 y 2020. Fuente: elaboración propia.

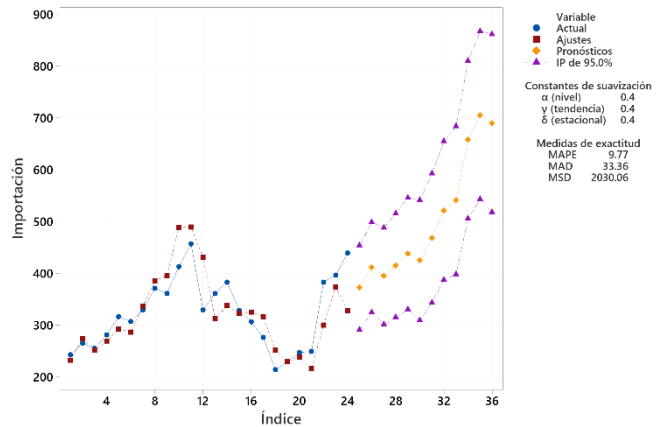
Con base a los registros estadísticos emitidos por la Administración Portuaria Integral de Manzanillo, los movimientos de carga contenerizada en 2019 y 2020

de importaciones (ver Tabla 3) se puede apreciar la diferencia 45,575 importados en el 2020.

Periodo	2019	2020
Enero	53,326	55,770
Febrero	53,142	49,101
Marzo	48,079	38,044
Abril	50,702	52,099
Mayo	51,555	44,426
Junio	54,666	38,329
Julio	54,680	47,176
Agosto	55,191	47,640
Septiembre	52,375	47,064
Octubre	52,496	53,729
Noviembre	50,238	53,118
Diciembre	51,479	55,858
Total	627,929	582,354

Tabla 3. Movimiento portuario mensual en Manzanillo, Colima. Fuente: Administración Portuaria Integral de Manzanillo.

La elección del método aditivo de Holt-Winters se debe a que presenta un mejor ajuste a los datos de la serie de tiempo presentada en los periodos 2019 y 2020, a diferencia del modelo multiplicativo con el objetivo de lograr los resultados pronosticados aproximados para 2021. En la Gráfica 2, se puede observar el resultado pronosticado para los siguientes 12 meses del periodo 2021, se señala de color naranja, para mostrar la comparación del ajuste con los datos reales en compañía de los estadísticos de error MAPE, MAD y MSD.



Gráfica 2. Gráfica del método Holt-Winters aditivo de importación. Línea azul: valores históricos, línea roja: ajuste de los valores históricos y línea naranja: pronóstico de método Holt-Winters aditivo. Fuente: Elaboración propia.

Si se toma en cuenta que los resultados obtenidos en los indicadores de error son inferiores en comparación de un nivel de suavización de 0.2 y 0.4 a prueba y error, como se muestra en la Tabla 3. Se sabe que éste puede ser menor a 1, por ello, se ha trabajado con la ponderación de 0.4 para la suavización alfa, beta y gamma, a fin de obtener así el resultado de MAPE con un total de 9.77 %. De esta forma, se coteja el pronóstico generado y los datos históricos de importación que, con base en este, permiten prever un incremento deseado en importaciones para el 2021. En el caso del MAD, expresa una exactitud de 33.36 \equiv 33 el cual refleja el promedio de todos los errores de la proyección, en cuanto a contenedores importados. La exactitud de los datos ajustados que han sido arrojados por el software para el pronóstico, va de acuerdo al MSD donde es: 2030.06.

	Aditivo			Multiplicativo		
	α, β, γ			α, β, γ		
	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4
MAPE	14.72	10.51	9.77	15.32	11.99	11.48
MAD	48.28	35.58	33.36	49.30	24.08	39.61
MSD	3559.74	2589.38	2030.06	4292.97	846.3	2792.15

Tabla 4. Errores estimados MAPE, MAD y MSD del método Holt-Winters arrojados por Minitab para la selección de modelo aditivo o multiplicativo. Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, en la Tabla 5, se identifican los resultados obtenidos de Minitab de la serie de datos históricos suavizados exponencialmente (L_t), la

estimación de la tendencia (b_t), la estimación de la estacionalidad (S_t), y se finaliza con el pronóstico en t periodos ($t=36$).

t	Importaciones	L_t	b_t	S_t	b	Pronóstico
1	243	247.52	16.97	-8.35		
2	265	260.95	15.55	7.24		
3	255	277.85	16.09	-24.06		
4	281	298.60	17.96	-21.80		
5	316	325.86	21.68	-18.24		
6	307	355.75	24.96	-56.13		
7	329	377.74	23.77	-46.06		
8	371	395.71	21.45	-19.49		
9	361	403.39	15.95	-30.00		
10	413	388.99	3.81	51.32		
11	457	379.96	-1.33	88.60		
12	329	337.95	-17.60	27.66		
13	361	339.95	-9.76	3.41		
14	383	348.42	-2.47	18.18		
15	328	348.39	-1.49	-22.59		
16	306	339.26	-4.55	-26.38		
17	276	318.52	-11.02	-27.95		
18	214	292.55	-17.00	-65.10		
19	229	275.35	-17.08	-46.18		
20	247	261.56	-15.77	-17.52		
21	249	259.08	-10.45	-22.03		
22	383	281.85	2.84	71.25		
23	396	293.77	6.47	94.05		
24	439	344.68	24.25	54.33		
25					1	372
26					2	411
27					3	395
28					4	415
29					5	438
30					6	425
31					7	468
32					8	521
33					9	541
34					10	658
35					11	705
36					12	690

Tabla 5. Resultados obtenidos del cálculo de nivel de estimación, tendencia, estacionalidad y pronóstico con base al método de series de tiempo Holt-Winter aditivo con $t=36$ periodos. Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 6 se puede observar el pronóstico realizado para los periodos mensuales de la cantidad de contenedores importados en el puerto de Manzanillo, Colima. Para tal fin, se utilizó el método Holt-Winter en el software Minitab, bajo los constantes de suavización α, β, γ igual a 0.3.

Periodo	2019	2020	2021
Enero	243	361	372
Febrero	265	383	411
Marzo	255	328	395
Abril	281	306	415
Mayo	316	276	438
Junio	307	214	425
Julio	329	229	468
Agosto	371	247	521
Septiembre	361	249	541
Octubre	413	383	658
Noviembre	457	396	705
Diciembre	329	439	690

Tabla 6. Pronóstico de serie de tiempos mediante el método Holt-Winters aditivo de los datos históricos de la importación de carga contenerizada de una agencia aduanal en Manzanillo, Colima. Fuente: elaboración propia.

Es notorio el aumento que puede existir en relación a la cantidad de contenedores que serán importados para los próximos meses del 2021 en relación al 2020, que por la situación de la pandemia ha ocurrido un decremento en la entrada de mercancías de los contenedores, dicho problema podría ser solucionado para este nuevo período.

Discusión y conclusiones

Se analizó, en primer lugar, el comportamiento de los contenedores importados por la empresa en estudio, este mostró un comportamiento estacional y una tendencia que se vio afectada en el 2020, debido a las disrupciones en la cadena de suministro, pues se presentó un decremento notorio de los números de mayo a noviembre. Por esa razón, se realizó, mediante el método de Holt-Winters aditivo, el pronóstico de la demanda futura de contenedores en el año 2021 a corto plazo. De acuerdo a los resultados arrojados, se prevé un incremento esperado en la importación de carga contenerizada para dicha empresa. Así, se planteó un panorama que pueda permitir llevar a cabo las operaciones logísticas de manera adecuada.

Mediante el ejercicio de la comparación de los años 2020 y 2021, es posible observar que en los primeros

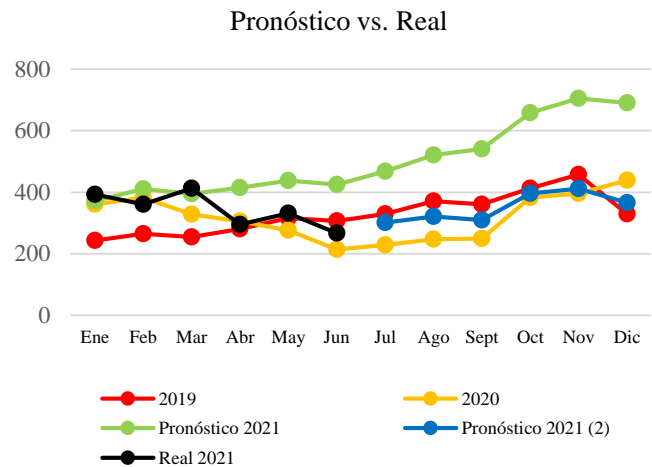
cuatro meses ya existe un aumento en la cantidad de contenedores importados. De la misma forma, comparativamente, entre los años 2019 y 2020 existe una diferencia promedio de hasta treinta contenedores mensuales. Cabe destacar que este pronóstico se puede llegar a cumplir con un margen de error de 9.77 % (MAPE). Este conocimiento permite a la empresa prepararse y atender sus servicios, para que así cumpla con los tiempos adecuados, mediante el contraste entre el pronóstico emitido y la cantidad real de la carga contenerizada en los periodos evaluados. En el caso de la MAD muestra la cantidad de $33.36 \equiv 33$. Dicha cantidad refleja el promedio de todos los errores de la proyección. La exactitud de error entre los datos ajustados, que han sido pronosticados por el software, y los reales va de acuerdo a la MSD y son: 2030.06.

Transcurridos los primeros seis meses del periodo 2021 se puede notar con base en la Tabla 7, que el pronóstico comparado con lo real, tiene variación importante en los meses abril, mayo y junio, donde se aprecia una disminución de importaciones, las cuales no se esperaban en este periodo, por tanto, se decidió realizar un ajuste al pronóstico para los 6 meses restantes del periodo 2021 utilizando los mismos valores en las constantes de suavización.

Periodo	2019	2020	Pronóstico 2021	Real 2021	Pronóstico 2021 (2)
Enero	243	361	372	393	
Febrero	265	383	411	361	
Marzo	255	328	395	413	
Abril	281	306	415	295	
Mayo	316	276	438	332	
Junio	307	214	425	267	
Julio	329	229	468		301
Agosto	371	247	521		322
Septiembre	361	249	541		310
Octubre	413	383	658		396
Noviembre	457	396	705		412
Diciembre	329	439	690		366

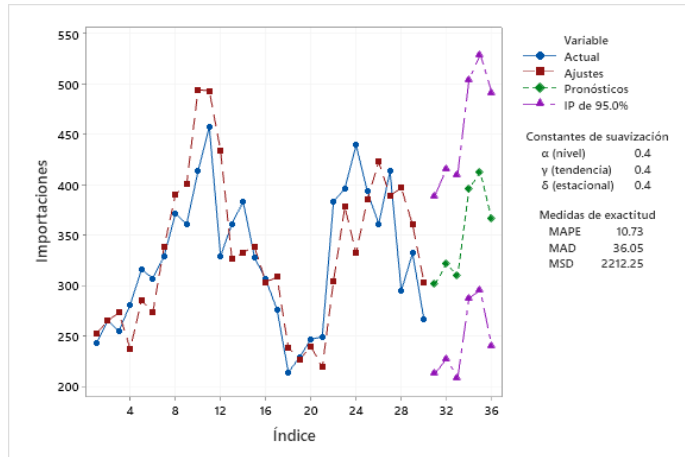
Tabla 7. Pronóstico de serie de tiempos Holt-Winters aditivo de la importación de contenedores comparado con las importaciones reales del periodo 2021. Fuente: Elaboración propia.

En la Gráfica 3 se puede observar que el comportamiento en los primeros tres meses (línea negra) tiene cierta similitud al pronóstico (línea verde), no obstante, ocurrió un decremento y el pronóstico no reportó el análisis previsto, por lo cual, se realizó la proyección de un nuevo pronóstico de 6 meses (línea azul) donde se aprecia la asemeja a los datos reales de los periodos 2019 (línea roja) y 2020 (línea amarilla). Para este caso se obtuvo un margen de error de 10.73 % (MAPE) a diferencia de 9.77 % que se obtuvo en un principio, lo que se puede apreciar que al trabajar con un rango mayor el resultado pierde precisión.



Gráfica 3. Comparación de pronósticos (12 meses) vs. contenedores reales a 6 meses del periodo 2021 y pronóstico de los 6 meses restantes del periodo 2021. Fuente: Elaboración propia.

En la Gráfica 4, se observa el comportamiento de estacionalidad y tendencia de los contenedores importados que se pronostican para el periodo 2021. El análisis permite obtener resultados a detalle obteniendo un pronóstico más preciso, por lo que el Método Holt-Winters es una herramienta que permite obtener datos puntuales ante este tipo de situaciones.



Gráfica 4. Gráfica del método Holt-Winters aditivo de importación. Línea azul: valores históricos, línea roja: ajuste de los valores históricos y línea verde: pronóstico de método Holt-Winters aditivo. Fuente: Elaboración propia.

Tal pronóstico brinda información que facilita la justificación para realizar un modelo de un sistema que controle las operaciones logísticas de las agencias aduanales, lo cual permita mantener a los clientes informados en tiempo real sobre el proceso que está llevando a cabo su mercancía. El hecho de promover nuevas prácticas y calidad en los procesos logísticos, conlleva a lograr una mejor gestión de las cadenas de suministro donde los actores se pueden desenvolver ante retos como la pandemia, cuestiones legales y políticas, desastres naturales, delincuencia, entre otros. Promover el uso de nuevas herramientas tecnológicas e innovadoras permite darle mayor valor a los servicios que pueden ofrecerse y lograr satisfacción del cliente.

El interés de la optimización de los procesos logísticos se enfoca en generar mayor seguridad a los clientes sobre el movimiento de su mercancía en los diferentes momentos desde el punto de partida hasta el punto de destino, por lo que, la trazabilidad juega un papel importante para eficientar la gestión de los procesos logísticos en el comercio exterior. De este modo, las agencias aduanales al conocer el aproximado de contenedores que se pueden importar en un periodo futuro logren crear planes de acción y toma de decisiones para la adecuada gestión logística

de las importaciones ante situaciones como, retrasos de mercancías, efectos climáticos, robos o accidentes.

Referencias

- Arango, J. J. (12 de Diciembre de 2019). *Cámara de Comercio Buenaventura*. Obtenido de Las comunidades logístico-portuarias como estrategia para mejorar la competitividad de los puertos marítimos: <https://www.ccbun.org/articulos/las-comunidades-logistico-portuarias-como-estrategia-para-mejorar-la-competitividad-de-los-puertos-maritimos>
- Bárcena, A. (2020). *Los efectos del COVID-19 en el comercio internacional y la logística*. Naciones Unidas.
- Bekkers, E., Keck, A., Koopman, R., & Nee, C. (2020). Methodology for the WTO Trade Forecast of April 8 2020. *Economic Research and Statistics Division* (pág. 25). Ginebra: World Trade Organization. Obtenido de https://www.wto.org/english/news_e/pres20_e/methodpr855_e.pdf
- Bermúdez, M. K. (2011). Sistema de organización y gestión para el patio de contenedores del Puerto de Acajutla. El Salvador, Santa Tecla: Escuela especializada en ingeniería. Obtenido de <https://www.itca.edu.sv/wp-content/themes/elaniin-itca/docs/2011-Sistema-de-entrenamiento-en-automatizacion-electroneumatica.pdf>
- Buiza, M. d. (2015). Análisis y propuesta de acción metodológica hacia la gestión integrada y sostenible de los puertos en el área del mediterráneo. ENED. Obtenido de http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:IngInd-Mgbuiza/BUIZA_CAMACHO_MariaGracia_Tesis.pdf
- Bustos, A., Balbuena, J. A., Zamora, A. R., & Ascencio, J. A. (2021). *Resiliencia en el desempeño logístico ante eventos disruptivos de la cadena de suministro. Instrumentación de un marco conceptual*. Sanfadilla, Querétaro: Coordinación de Integración del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte.
- Calatayud, A., & Katz, R. (2019). *Cadena de Suministro 4.0*. BID Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Cadena_de_suministro_4.0_Mejores_pr%C3%A1cticas_internacionales_y_hoja_de_ruta_para_Am%C3%A9rica_Latina_es.pdf
- Chopra, S., & Meindl, P. (2013). *Administración de la cadena de suministros. Estrategia, planeación y operación* (Tercera ed.). México: Pearson. Prentice Hall.

- Ferbar, L., & Strmcnik, E. (2016). The comparison of HolteWinters method and Multiple regression method: A case study. *Energy*, 266-276.
- Glaser, J. (2019). Biological Degradation of Polymers in the Environment. *IntechOpen*, 1-16.
- Gómez, A. J. (2014). *Gestión logística y comercial*. México: Mc. Graw Hill.
- Hernández, M. D., Tapia, M., & Hernández, S. (2019). *Estadística inferencial 2. Aplicaciones para ingeniería*. Patria educación.
- Kilpatrick, J., & Barter, L. (2020). *COVID-19. Gestión del riesgo y las interrupciones en la cadena de suministro*. Canadá: Deloitte.
- Lima, P., Orlem, Breval, S., Rodríguez, C. M., & Follman, N. (2017). Una nueva definición de la logística interna y forma de evaluar la misma. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 264-276.
- Liu, C., Sun, B., Zhang, C., & Li, F. (2020). A hybrid prediction model for residential electricity consumption using holtwinters. *Applied Energy*.
- Maguiña, O. (Noviembre de 2016). *DocPLayer*. Obtenido de El Método de Pronóstico Holt-Winters: <https://docplayer.es/60591978-El-metodo-de-pronostico-holt-winters.html>
- Mejía, E. J., & González, S. (2019). Predicción del consumo de energía eléctrica residencial de la Región Cajamarca mediante modelos Holt -Winters. *Ingeniería energética*, XL(3), 181-191.
- Oracle. (2021). *Trabajar con Planificación predictiva en Smart View*. Obtenido de Oracle Help Center: https://docs.oracle.com/cloud/help/es/pbcs_common/CSPPU/holt-winters_additive.htm#:~:text=Es%20una%20extensi%C3%B3n%20del%20suavizado%20exponencial%20de%20Holt%20que%20captura%20la%20estacionalidad.&text=Este%20m%C3%A9todo%20es%20el%20mejor,cambios%20esta
- Organización Mundial del Comercio. (2020 de Abril de 2020). Obtenido de Desplome del comercio ante la pandemia de COVID-19, que está perturbando la economía mundial: Desplome del comercio ante la pandemia de COVID-19, que está perturbando la economía mundial
- Sudheer, G., & Suseelatha, A. (2015). Short term load forecasting using wavelet transform combined with Holt–Winters and weighted nearest neighbor models. *Electrical Power and Energy Systems*, 340-346.
- Vargas, J., González, D., & Cornejo, C. (2015). Medición de la resiliencia en la cadena de suministros, en una nueva teoría del negocio. *LACCEI Annual International Conference*, 1-9.
- Zaneta, L. A. (10 de diciembre de 2020). *COVID-19 reconfigura transporte marítimo, puertos y cadenas de suministro*. Obtenido de Grupo T21: <http://t21.com.mx/maritimo/2020/12/10/covid-19-reconfigura-transporte-maritimo-puertos-cadenas-suministro>