



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN



SERIES DE TIEMPO 2021-II

Pronóstico de ventas de autos ecológicos en
México

Integrantes:

- ★ Calzada Torres Samantha Raquel
- ★ Chávez Clavellina Angel Uriel
 - ★ Gabriel Martínez Jesús
 - ★ Reyes Flores Carla Yadira

Profesor: Arturo Vera Moreno

5 de junio de 2021



Índice

1. Introducción	2
1.1. Objetivo	3
1.2. Hipótesis	3
1.3. Justificación	3
2. Los vehículos alternativos en México	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Ventajas y desventajas de los autos ecológicos	6
3. Panorama actual en México	7
3.1. Análisis general	7
3.2. Análisis económico	8
3.3. Políticas en México	9
3.3.1. Políticas gubernamentales	9
4. Análisis exploratorio de los datos	12
5. Metodología	18
5.1. Desarrollo el modelo: Análisis descriptivo del modelo	18
5.2. Nuestro modelo	21
5.3. Criterios de Selección	21
5.4. Validación de los supuestos	22
5.4.1. Dicky Fuller Aumentada	23
5.4.2. Box-Ljung	24
5.5. Pronóstico	24
6. Conclusión	26
7. Bibliografía	27

Pronóstico de venta de autos ecológicos en México

S. Calzada, A. Chávez, J. Gabriel, Y. Reyes

Resumen Los avances tecnológicos impulsan el crecimiento en diversos sectores y el desarrollo que han tenido en los últimos años los vehículos alternativos podrían representar una alternativa ecológica que además impacte positivamente la economía de sus usuarios, por su parte en el análisis de las estrategias de ventas la aplicación de modelos de análisis de series de tiempo ayudan a modelar el panorama esperado que apunta hacia el incremento de las ventas de estos vehículos y con ello aprovechar la oportunidad que esto representa.

Abstract The technological advances are driving the growth in various sectors, and the development that alternative vehicles have had in recent years could represent an ecological alternative that also positively impacts the economy of its users, on the other hand, the analysis of marketing the use of the time series analysis models help to model the expected outlook that points towards increased sales of these vehicles.

Palabras clave: Series de tiempo, autos ecológicos, pronóstico de ventas, ARIMA, SARIMA.

Keywords: Time series, electric vehicles, sales forecast, ARIMA, SARIMA.

1. Introducción

El principal objetivo del estudio de series de tiempo es desarrollar modelos estadísticos que definan el comportamiento de un proceso teórico que subyace al fenómeno observado de manera secuencial en el tiempo, es decir con un orden cronológico, a través de procesos estocásticos de una sucesión de variables aleatorias indexadas al tiempo que tenga propiedades similares al proceso real y que permitan estimar pronósticos futuros de dicha variable aleatoria.

”Esto convierte a las Series de Tiempo en una herramienta de planeación y en áreas del conocimiento donde evaluar el efecto de una política basada sobre una variable, y/o conocer predicciones de sus valores futuros, aportan criterios que disminuyen el riesgo en la toma de decisiones o en la implementación de políticas futuras.” (Correa, 2004)

Es por ello que, con las herramientas adquiridas en el curso de Series de tiempo, del plan académico de la Licenciatura en Actuaría en la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se realizara el análisis de los datos que presenta el INEGI respecto al comportamiento de la venta de autos híbridos y ecológicos en México con la finalidad de proponer un modelo adecuado que permita pronosticar el comportamiento futuro de este evento, para ello se empleará el software R.

1.1. Objetivo

Buscamos un modelo que abstraiga correctamente la información histórica de los datos, tal que englobe un panorama realista que permita simular el comportamiento futuro de la serie de tiempo, para ello partiremos de una hipótesis en el comportamiento de la serie y aplicando las pruebas Dickey- Fuller y Ljung-Box, mediremos la empleabilidad de nuestros datos, es decir, que cumplan las condiciones matemáticas de una serie de tiempo, posteriormente se realizará una serie de pruebas con los métodos conocidos, hasta encontrar el modelo acertado.

1.2. Hipótesis

La venta de autos ecológicos en México tiene un comportamiento cíclico.

1.3. Justificación

Ante el incremento de la población mundial, satisfacer sus necesidades energéticas que fomenten el desarrollo social y económico deriva en un incremento en la demanda de combustibles fósiles. Sin embargo, la quema de combustibles fósiles genera diversos problemas ambientales como emisión de gases de efecto invernadero, contaminación del agua, calentamiento global, etc.

En palabras de Jed Yong et al (2019), particularmente el sector del transporte, que abarca el transporte terrestre, aéreo y marítimo, representa uno de los mayores consumidores de combustibles fósiles, en particular petróleo, contribuyendo a la problemática ambiental y dado que se espera que el comportamiento creciente de la población continúe, la búsqueda de medidas que ayuden a reducir la demanda energética y su impacto ambiental representan un punto clave en la estrategia política y económica de un país.

La reducción de la dependencia de combustibles fósiles en el sector del transporte por carretera, mediante la sustitución de los vehículos convencionales por los Vehículos Eléctricos (VE), puede aportar importantes ventajas para las zonas urbanas, ya que permite mejorar la calidad del aire y reducir las emisiones contaminantes. Sin embargo, solo si se

definen las estrategias de integración adecuadas será posible dar cabida a penetraciones de vehículos eléctricos a gran escala. (Lopes et al., 2009)

Estados Unidos y China se posicionan a la vanguardia, en la implementación de vehículos eléctricos, sin embargo, se espera que el avance tecnológico propicie que las baterías que estos vehículos usan proporcionen mejor rendimiento y con ello un tiempo de vida mayor, derivando en un aumento a la comercialización de dichos vehículos, lo cual a su vez generaría un impacto ambiental positivo.

Más no perdamos de vista que para asegurar una mayor adopción en el uso de vehículos alternativos, como autos eléctricos o híbridos, es necesario hacer una evaluación a nivel económico del costo del ciclo de vida de estos vehículos, que contempla incluso el costo de adquisición del mismo, lo cual representa una visible desventaja, más los intereses del presente artículo son mostrar un panorama general y con base a la experiencia estadística en México mostrar el comportamiento esperado de las ventas de autos eléctricos.

2. Los vehículos alternativos en México

2.1. Antecedentes

El coche eléctrico contrario a lo que pareciera, no es un invento reciente, su nacimiento se da casi a la par de los automóviles a vapor, sin embargo, presentaban un problema de autonomía; pues las baterías que usaban eran muy pesadas y no duraderas, ya que estaban hechas de plomo y no se podían recargar, esto aunado a la creación de automóviles de combustión interna mucho más autónomos y sin los obstáculos que representaban la de distancia del recorrido, la recarga de batería y la velocidad, constituyeron el principal motivo por el que estos vehículos no cobraron popularidad.

El óptimo funcionamiento de los vehículos de combustión interna frente a los autos eléctricos, impidieron el aumento de su uso, no obstante, en los años recientes y a finales del siglo XX la preocupación que genera el cambio climático replanteó la oportunidad ecológica que el uso de los automóviles ecológicos brindaría, ya que, en zonas urbanas, permitiría mejorar la calidad del aire y reducir las emisiones de contaminantes.

Los cambios considerables en los flujos de energía y los patrones del perfil de voltaje a lo largo de la red eléctrica, así como pérdidas en la red conllevan la necesidad de definir estrategias de integración adecuadas que permitan la adaptación a los vehículos eléctricos en gran escala. Además, este cambio en el paradigma de la movilidad centralizará las emisiones de contaminantes en los sitios de las plantas de generación. (Lopes et al., 2009)

Todos estos problemas podrían minimizarse y como consecuencia de esto las políticas gubernamentales y las compañías automotrices comenzaron a desarrollar tecnología para la implementación y creación de automóviles híbridos y eléctricos y han nacido nuevas compañías de tecnología, las cuales su principal negocio es el desarrollo de autos eléctricos, tales como Tesla y Nio, y a su vez se han integrado al mercado de autos ecológicos empresas como Nissan, Toyota, Honda y Ford.

Hoy en día la oferta del mercado permite adquirir principalmente dos tipos de automóviles ecológicos: híbridos y eléctricos, su principal diferencia es que el auto híbrido cuenta con dos tipos de motores, uno eléctrico con una batería recargable y un motor de gasolina que se activa en caso de exceder una velocidad promedio de 75km/h.

En contraste los autos eléctricos cuentan con un motor 100 % eléctrico con batería de larga duración, el reto que constituyen para las principales compañías de tecnología es desarrollar la tecnología necesaria que les permita alcanzar altas velocidades, en lo sucesivo se expondrán las ventajas y desventajas que presentan.

2.2. Ventajas y desventajas de los autos ecológicos

La investigación arroja, que como se muestra en el Cuadro 1, enuncia cuales son las principales ventajas y desventajas de los autos eléctricos.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ■ Se puede alcanzar eficiencia doble, a través de la supresión de la mayor parte de las pérdidas de potencia que se producen en los vehículos tradicionales. ■ El sistema de frenado tiene a su vez capacidad regenerativa de la potencia absorbida, lo que reduce las pérdidas de eficiencia. ■ En el caso de autos híbridos, el motor de gasolina se puede desactivar en la marcha cuando no se necesita. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mayor peso que un automóvil tradicional ya que las baterías recargables son muy pesadas actualmente, y por ello un incremento en la energía necesaria para desplazarlo. ■ El precio de estos vehículos es considerablemente más alto que el de un auto tradicional por lo que para muchas personas resulta difícil adquirir uno. ■ Sistema en general más complejo, lo que dificulta los servicios post venta como revisiones y reparaciones.

Cuadro 1: Ventajas y desventajas de los autos eléctricos.

Cuando las baterías de los autos eléctricos o híbridos terminan su vida útil en los autos regularmente se utilizan como bancos de energía en las casas, como es el caso de las baterías de los Nissan LEAF; una solución alternativa es el proceso de reciclado de baterías, aunque es algo complejo, en la actualidad, existen dos procesos para esta labor:

1. **Triturar la batería:** Es el método más económico, aunque se recupera poca materia prima.
2. **Deshacer la batería pieza por pieza:** Permite un mejor aprovechamiento.

Como menciona Bureau (2020), la industria automotriz que va encaminada a la producción total de autos eléctricos hacia mediados de esta década debe cuestionarse ¿qué van a hacer con las baterías una vez que estas lleguen al final de su vida útil?, pues hay que considerar que la batería cuenta con diversos ácidos y sustancias tóxicas que deben ser almacenadas, pues no pueden ser recicladas, lo cual constituye un gran reto.

3. Panorama actual en México

3.1. Análisis general

En el Cuadro 2 se muestra que de acuerdo a la *Asociación Mexicana de la industria automotriz (AMIA)* se vendieron 24,405 vehículos híbridos y eléctricos en México en el año 2020.

Unidades de vehículos	Ene - Dic 19	Ene - Dic 20	Variación %	Participación 2019	Participación 2020
Eléctricos	305	449	47.2 %	0.02 %	0.05 %
Híbridos conectables	1,339	1,817	35.7 %	0.10 %	0.19 %
Híbridos	23,964	22,139	-7.6 %	1.82 %	2.33 %
H&E	25,608	24,405	-4.7 %	1.9 %	2.6 %
Otros	1,292,323	924,948	-28.4 %	98.1 %	97.4 %
Ventas totales	1,317,931	949,353	-28.0 %	100.0 %	100.0 %

Cuadro 2: Cantidad de vehículos alternativos en México en el año 2020

Donde 449 corresponden a vehículos completamente eléctricos, 1,817 a vehículos híbridos conectables y 22,139 a vehículos híbridos.

En la Figura 1 veremos que la AMIA indica que en la Ciudad de México es en donde más se venden este tipo de vehículos seguido por el Estado de México, que representan el 30.3 % y 17.1 % de las ventas totales.

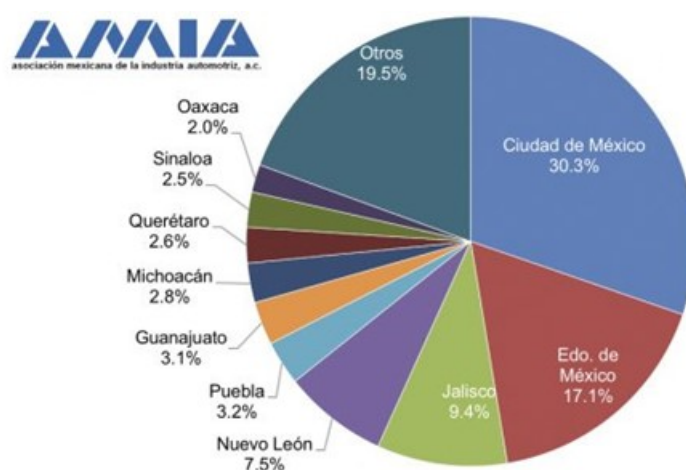


Figura 1: Venta de vehículos híbridos y eléctricos Enero – Diciembre 2020

De acuerdo con datos de la empresa JATO, se calcula que de los casi 50 millones de vehículos que circulan en México, el 2.34 % corresponde a autos híbridos y eléctricos. Ésta comparativa demuestra que la industria automotriz eléctrica se encuentra en una etapa muy temprana, no obstante, también revela el crecimiento constante que ha tenido este sector durante los últimos años. (La Jornada)

“Existe una tendencia hacia la baja en las ventas de vehículos impulsados por gasolina; sin embargo, necesitamos incentivar a la industria para promover la colocación de autos híbridos y eléctricos. Si bien, pueden ser de principio más costosos, son mucho mayores los beneficios a mediano y largo plazo en ahorro de combustible, salud pública e impacto ambiental”, dijo Alejandro Duk, director comercial de TIP Auto.

Según expertos de la UNAM, para lograr una calidad del aire satisfactoria en la Zona Metropolitana del Valle de México, es necesario que al menos el 10 % de los vehículos que se movilizan en la zona sean autos híbridos o eléctricos, lo que significaría impulsar la adquisición de 400 mil unidades de este tipo. (La Jornada, 2021)

3.2. Análisis económico

Anteriormente mencionamos que el precio de los vehículos alternativos representa una dificultad en el aumento de su comercialización, esto aunado a la actual crisis económica derivada de la pandemia de COVID-19. Por lo que las compañías de este sector se han acercado a instituciones financieras y bancarias, con el objetivo de ofrecer programas de arrendamiento o de crédito automotriz con tasas más atractivas para este tipo de vehículos en comparación con los tradicionales.

Por ejemplo, el banco BBVA México ofrece a sus clientes que buscan adquirir un vehículo ecológico un beneficio adicional para efectuar la compra, con lo que estima colocar al menos 2 mil créditos al cierre de este 2021 con una tasa preferencial para su adquisición, que va desde el 8.5 % fija anual (sin IVA) para autos nuevos. (Milenio)

De acuerdo con información del diario, *El Universal*, en el Cuadro 3 encontramos los precios aproximados al cierre del 2020 de algunas de las ofertas que ofrece el mercado Mexicano:

Ránking	Tipo	Nombre del auto	Precio
1	Híbrido	Toyota Prius C	\$345,300.00
2	Híbrido	Toyota Prius	\$406,400.00
3	Híbrido	Toyota Corolla Hybrid	\$421,300.00
4	Híbrido	Hyundai Ioniq	\$451,900.00
5	Híbrido	Kia Niro	\$565,900.00

Cuadro 3: Precios de los autos ecológicos en México.

Únicamente se presentan las opciones más económicas, sin embargo el mercado también ofrece autos eléctricos, aunque a mayor costo; podemos notar que el auto más económico es un híbrido compacto, cuyo precio se encuentra aproximadamente un 35 % por encima de un compacto tradicional con motor de gasolina

3.3. Políticas en México

3.3.1. Políticas gubernamentales

En diferentes países del mundo hay políticas y beneficios fiscales, así como otro tipo de incentivos no fiscales los cuales son creados para promover a sus ciudadanos a la adquisición de un vehículo con bajas emisiones, ya sea híbrido o eléctrico, por ejemplo, en el estado de California en E.E.U.U.:

- **Descuentos importantes** en aseguradoras para conductores particulares
- **Estacionamiento y recarga de automóviles gratis** en hoteles con participación
- **“Green Sticker”** que permite a los vehículos ecológicos circular sin pagar peaje en autopistas urbanas y carriles exclusivos de la ciudad.
- **Descuentos, préstamos y tarifas preferencial en el costo de la electricidad**, cuando esta se utiliza para cargar vehículos eléctricos.

En México, las medidas que impulsa el gobierno se enlistan a continuación:

■ Libres de impuestos

En México adquirir un vehículo de bajas emisiones (eléctrico o híbrido) no paga ningún impuesto, es libre de tenencia y del impuesto sobre automóviles nuevos, tal como lo dice el **artículo 8, fracción IV** de la **Ley Federal del Impuesto sobre automóviles nuevos**:

”Artículo 8o.- No se pagará el impuesto establecido en esta Ley, en los siguientes casos:

...

IV. En la enajenación o importación definitiva de automóviles cuya propulsión sea a través de baterías eléctricas recargables, así como de automóviles eléctricos que además cuentan con motor de combustión interna o con motor accionado por hidrógeno."

Y como lo dice la **Ley del Impuesto sobre tenencia o uso de vehículos** en el **artículo 14-B**

"Artículo 14-B. Tratándose de automóviles eléctricos nuevos, así como de aquellos eléctricos nuevos, que además cuentan con motor de combustión interna o con motor accionado por hidrógeno, el impuesto se pagará a la tasa de 0 %."

■ Holograma de verificación exento

En la Ciudad de México existe el programa Verificación Vehicular el cual consiste en evaluar los límites de emisiones contaminantes provenientes del escape y la condición operativa de los componentes de control ambiental de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas, diésel u otro combustible alternativo, que se encuentren matriculados o que circulen en vialidades de la Ciudad de México.

El **Capítulo 8.6.3.1** de la **Gaceta Oficial de la Ciudad de México** menciona que:

"Los propietarios o legales poseedores de los vehículos Eléctricos, Vehículos Híbridos Categoría I y II que se encuentren en la lista publicada en la página de internet de la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México podrán solicitar de forma voluntaria y gratuita esta constancia, en las áreas de atención ciudadana de verificación vehicular de los centros de verificación vehicular autorizados en la Ciudad de México."

El cuadro 4 explica más a detalle cuales son los vehículos:

Vehículos	Descripción	Vigencia
Eléctrico	Vehículo con una fuente de energía (eléctrica) donde la energía eléctrica es la fuente de propulsión principal sin combustión.	Permanente
Híbrido Categoría I	Vehículo con dos fuentes de energía (eléctrica y gasolina) donde la energía eléctrica es la fuente de propulsión principal sin combustión y se obtiene desde una toma de corriente. La fuente de combustión interna se usa únicamente para alimentar el banco de baterías.	De 8 años, con posibilidad de renovación.
Híbrido Categoría II	Vehículo con dos fuentes de energía (eléctrica y gasolina), en el cual la energía permite la propulsión sin combustión, en periodos de operación en los que requiere máxima potencia.	De 8 años, por única ocasión. Aplica para unidades que ya tienen el holograma.

Cuadro 4: Características de los vehículos alternativos en México

Esto resulta beneficioso, ya que el propietario legal del vehículo se exenta del pago de verificación vehicular dos veces por año hasta por 8 años en caso de automóviles híbridos y permanentemente en caso de automóviles eléctricos. Por último, los automóviles híbridos y eléctricos no participan de ninguna manera en el programa “**Hoy no circula**” de la Ciudad de México, por lo que nunca tienen restricciones de movilidad.

■ EcoTag

Las tres autopistas urbanas de cuota en la Ciudad de México tienen un convenio con los propietarios de automóviles híbridos y eléctricos, el cual consiste en realizar un sencillo trámite que toma un máximo de 72 horas en el que hay que enviar una copia de la tarjeta de circulación, acto seguido se recibe una calcomanía (gratuita) la cual otorga el 20 % de descuento permanente en dichas autopistas urbanas.

4. Análisis exploratorio de los datos

Los datos obtenidos por parte del INEGI, se encuentran registrados por entidad federativa y organizados de manera mensual. En la figura 2 podemos ver gráficos que resumen los registros mensuales de las ventas de autos ecológicos por año, es decir, podemos observar por medio de ellos la distribución de ventas en un rango de 0 a 3,500 unidades.

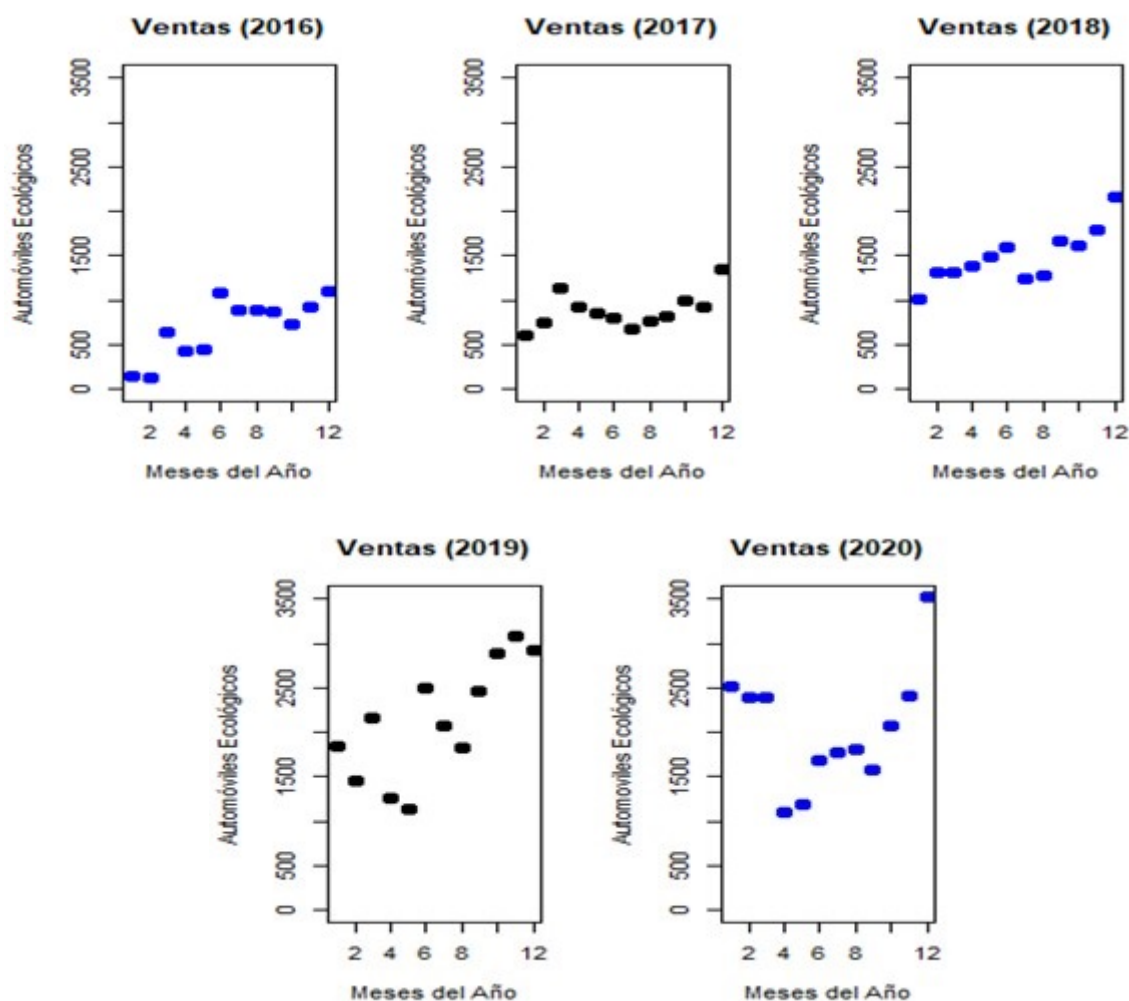


Figura 2: Distribución de ventas 2016 - 2020

Vemos que de manera general las ventas tuvieron un comportamiento creciente año con año hasta llegar aproximadamente al segundo semestre del año 2020, en el que se presentó una baja significativa en las ventas totales de dicho año. Sin embargo, de acuerdo con diarios oficiales, pese a que en el año 2020 comenzó la emergencia sanitaria derivada

de la epidemia generada por el virus SARS-CoV2 (COVID-19), no hubo una baja tan drástica como se esperaba en las ventas de autos ecológicos, considerando que México se vio afectado de marzo en adelante y la industria que más repercusiones tuvo fue la automotriz. Adicional a esto, podemos ver que de manera consecutiva hasta 2020, las ventas por año tienen un alza significativa por mes, de las cuales Enero destacó más, ya que incrementaba dos ventas por año.

Realizando una comparación con al año anterior (2019), la diferencia entre las ventas totales de ambos años es de una pérdida de 1,202 unidades, teniendo una variación porcentual de -4.7 %, aunque curiosamente Diciembre fue el mes que de manera independiente no tuvo ningún problema reflejado en las ventas, incluso se puede apreciar un incremento respecto a Diciembre de otros años, 600 Automóviles por encima de los vendidos en 2019.

Con los datos existentes, para el año en curso únicamente el mes de enero registra 165 ventas, estando a solo 23 unidades por encima de las ventas obtenidas en Enero de 2016 exponiendo así una pérdida de 2,431 unidades respecto a Enero de 2020, lo cual permite esperar que este sea el primer semestre de los 4 años analizados más afectado. La figura 3 contiene el gráfico que visualiza este análisis.

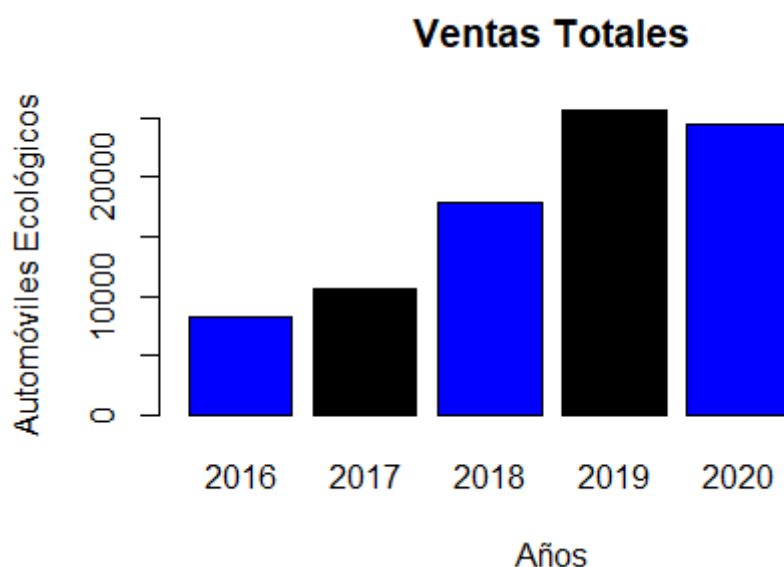


Figura 3: Comparativo anual

Es natural pensar que el comportamiento de las ventas de este año no presentase incrementos significativos ya que mientras los problemas derivados de la emergencia sanitaria

no se encuentran totalmente controlados en el país, existe una inestabilidad económica importante.

Para efectos del pronóstico surgen dudas como: ¿Qué hubiese pasado con las ventas totales del año 2020 si los problemas derivados a causa de la pandemia no hubieran repercutido en la industria automotriz como ya se conoce o en el mejor de los casos nunca hubieran existido?, ¿Las ventas en lo que va del año, hubieran sido otras?, ¿Qué factores sin tomar en cuenta los ya conocidos, podrían estar provocando el decremento en las ventas de autos ecológicos?

A continuación, la Figura 7 ejemplifica un diagrama de caja y bigotes, es un gráfico que resume algunos datos estadísticos de una variable cuantitativa.

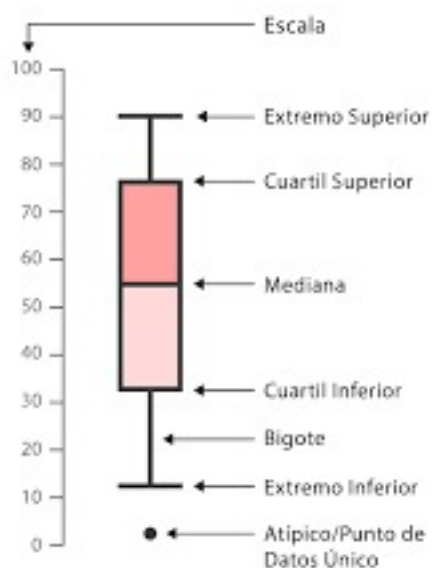


Figura 4: Ejemplo del diagrama de cajas y bigotes

Dentro del gráfico aparecen 3 zonas: la primera es una “caja” de la cual salen dos “bigotes”, la caja representa el primer y el tercer cuartil, debajo de esta, se encuentra el primero y por arriba el segundo, la caja ocupa todo el rango intercuantílico, y dentro de ella se encuentran el 50 % de los datos, en medio suele haber una línea que la divide en dos, esa línea gruesa marca la mediana.

Si los bigotes que se pintan pueden llegar a cubrir como mucho 1.5 por debajo del primer cuartil el rango intercuartílico o 1.5 veces por arriba el rango intercuantílico, el

bigote alzará hasta el mínimo o el máximo de esos valores, los valores que estén más allá de los bigotes son llamados datos atípicos.

Los extremos, los valores b_{inf} y b_{sup} , son los bigotes del gráfico, si m y M son el mínimo y máximo de la variable cuantitativa entonces los extremos se calculan:

$$b_{\text{inf}} = \max\{m, Q_{0.25} - 1.5(Q_{0.75} - Q_{0.25})\}$$

$$b_{\text{sup}} = \min\{M, Q_{0.75} + 1.5(Q_{0.75} - Q_{0.25})\}$$

- Año 2016, Con una línea de color negro se representa el valor talque hasta ahí se acumula el 50 % de las ventas registradas mes a mes, dicho valor corresponde a 803.5, la media de Automóviles Ecológicos vendidos en ese año es de 688.75, representada con una línea de color rojo.

El valor correspondiente al primer cuartil es 434 y el correspondiente al tercer cuartil es de 911. El bigote inferior se extiende más que el superior, eso significa que el valor mínimo está más alejado del conjunto global de los datos, este valor corresponde a 121, venta registrada en Febrero, por otro lado el valor máximo es 1105, venta registrada en Diciembre. Se han utilizado 12 datos para realizar dicho gráfico, en este año no hay datos atípicos, por lo tanto la media resultante no se ve afectada.

- Año 2017, El valor talque hasta ahí se acumula el 50 % de las ventas registradas corresponde a 830.5, la media de Automóviles Ecológicos vendidos en ese año es de 879.5. El valor correspondiente al primer cuartil es 760 y el correspondiente al tercer cuartil es de 954. Tanto el bigote inferior como el superior están muy extendidos, eso significa que el valor mínimo y máximo se alejan del conjunto global de datos, dichos valores corresponden a 597 y 1140 respectivamente, ventas registradas en Enero y Marzo. Se han utilizado 12 datos para realizar dicho gráfico, se tiene un dato atípico, dato que se sale del conjunto global, es 1351, venta registrada en Diciembre.

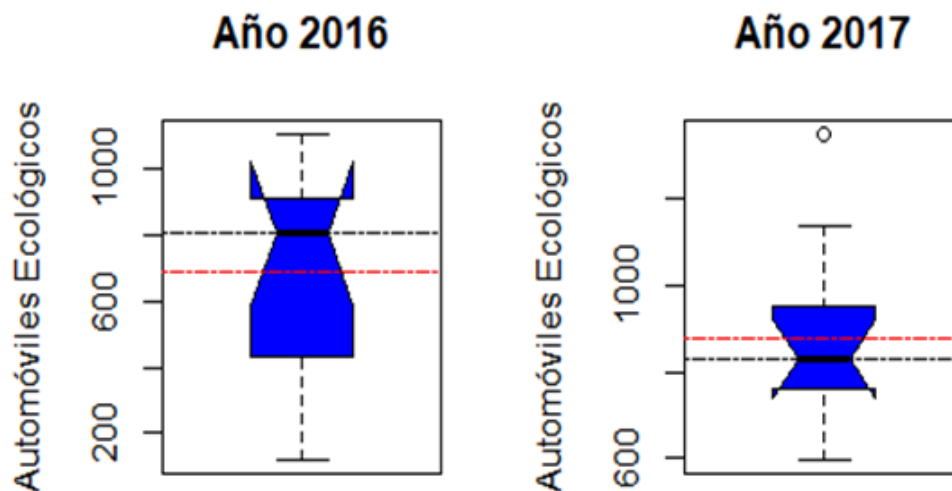


Figura 5: Diagrama de cajas y bigotes años 2016 y 2017

- Año 2018, El valor talque hasta ahí se acumula el 50 % de las ventas registradas mes a mes corresponde a 1436, la media de Automóviles Ecológicos vendidos en ese año es de 1483. El valor correspondiente al primer cuartil es 1293 y el correspondiente al tercer cuartil es de 1636. El bigote inferior se extiende más que el superior, eso significa que el valor mínimo está más alejado del conjunto global de los datos, este valor corresponde a 1001, venta registrada en Enero, por otro lado el valor máximo es 1783, venta registrada en Noviembre. Se han utilizado 12 datos para realizar dicho gráfico, se tiene un dato atípico correspondiente a la venta registrada en Diciembre, 2153.
- Año 2019, El valor talque hasta ahí se acumula el 50 % de las ventas registradas corresponde a 2114, la media de Automóviles Ecológicos vendidos en ese año es de 2134. El valor correspondiente al primer cuartil es 1641 y el correspondiente al tercer cuartil es de 2692. Tanto el bigote inferior como el superior están muy extendidos, eso significa que el valor mínimo y máximo se alejan del conjunto global de datos, dichos valores corresponden a 1135 y 3090 respectivamente, ventas registradas en Mayo y Noviembre. Se han utilizado 12 datos para realizar dicho gráfico, este año no se encontraron datos atípicos.

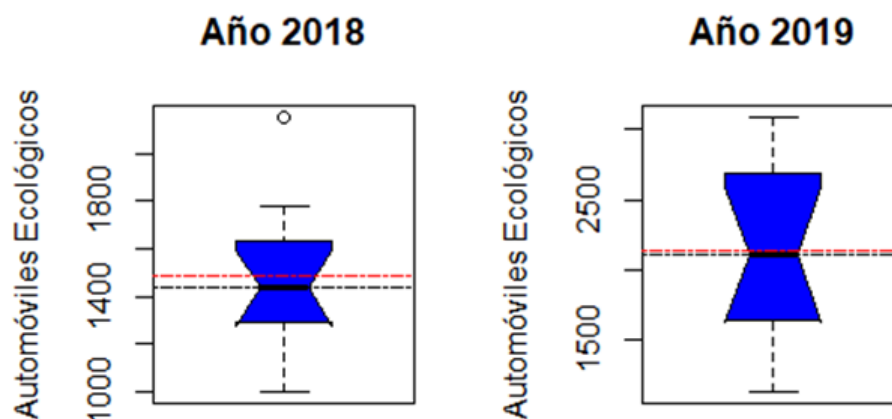


Figura 6: Diagrama de cajas y bigotes años 2018 y 2019

- Año 2020, El valor tal que hasta ahí se acumula el 50 % de las ventas registradas corresponde a 1,839, la media de Automóviles Ecológicos vendidos en ese año es de 2,033. El valor correspondiente al primer cuartil es 1,630 y el correspondiente al tercer cuartil es de 2,398. El bigote superior está más extendido que el inferior, eso significa que el valor máximo se encuentra más alejado del conjunto global de datos, dichos valores corresponden a 3,523 y 1,105 respectivamente, ventas registradas en Diciembre y Abril. Se han utilizado 12 datos para realizar dicho gráfico, este año no se cuenta con datos atípicos.

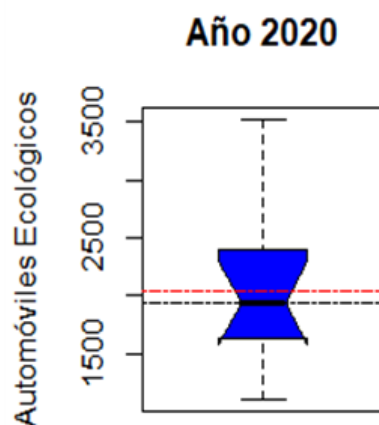


Figura 7: Diagrama de cajas y bigotes año 2020

5. Metodología

5.1. Desarrollo el modelo: Análisis descriptivo del modelo

En la Figura 8 se muestra la estructura de la transformación de los datos bajo una serie de tiempo:

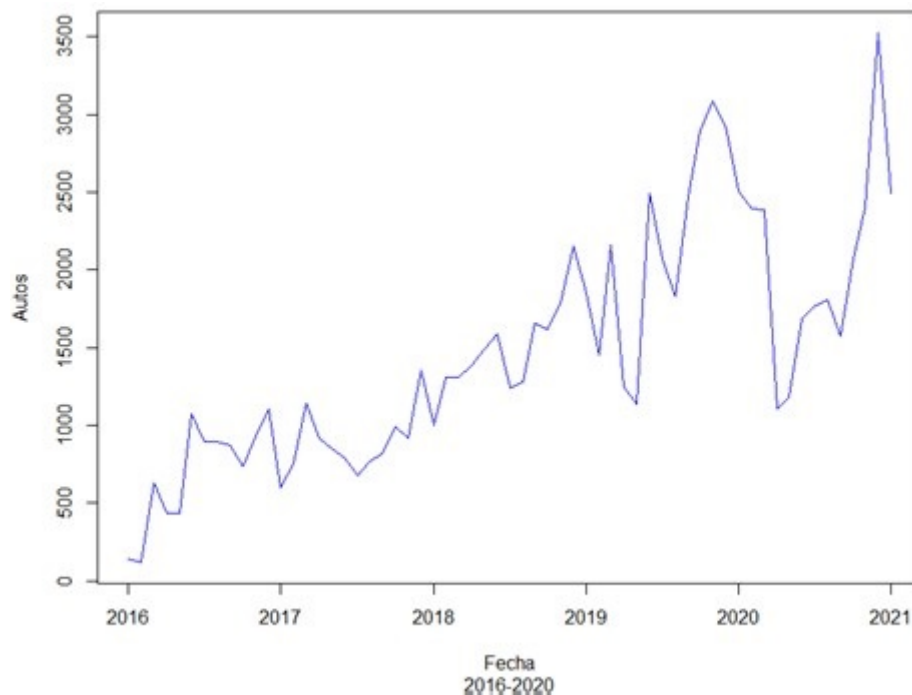


Figura 8: Automóviles ecológicos vendidos en México

Donde a simple vista se ve que los datos no cumplen con la homocedasticidad, además de que presentan una tendencia. Por lo que basados en la metodología de Box Jenkins, recurriremos a una transformación logarítmica y a su vez una diferencia para eliminar la tendencia, si esta no se hubiese eliminado con una diferencia tendríamos que recurrir a una más, en nuestro caso solo fue necesario aplicar una, en la Figura 9 se muestra la serie con sus respectivas ACF y PACF.

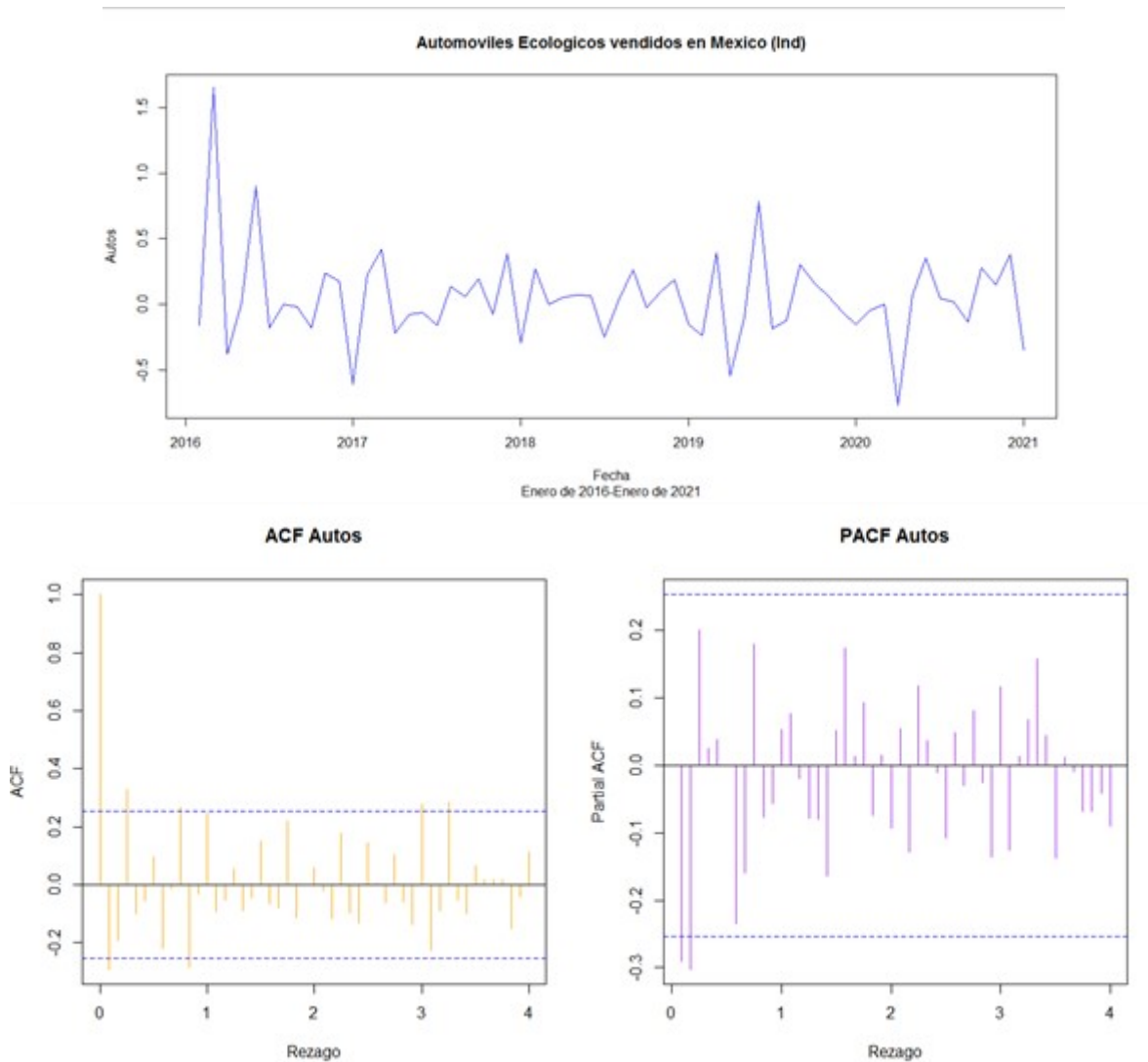


Figura 9: Resultados de la metodología de BoxJenkins

Al momento de interpretar las gráficas ACF y PACF vimos que los rezagos significativos eran: 1,2 y 4 para nuestra ACF y para nuestra PACF 1 y 2, es por ello que los modelos siempre se basaron en estos rezagos significativos, bajo distintas pruebas y combinaciones.

Basados en la hipótesis se espera encontrar un ciclo de manera clara y definida, sin embargo, el comportamiento de nuestra ACF y PACF no lo mostraron tan claramente. Dado el análisis previo, se observa un incremento en las ventas en el mes de Diciembre (excepto en 2019, donde noviembre reporto mayores ventas), por lo que se pensó que era un indicio

para ver el ciclo de nuestro modelo.

La finalidad de encontrar un comportamiento cíclico, es poder determinar los meses en los que habría más ventas y que se mantuviera la tendencia del incremento de las ventas en diciembre y con ello apegarnos al comportamiento observado.

Dado que en las gráficas de la ACF Y PCAF no mostraban claramente un ciclo, comenzamos a proponer modelos ARIMAS. Propusimos varios modelos y nos quedamos con los modelos que más nos interesaron por lo que se veía en la ACF'S y PACF'S como también los coeficientes resultantes del test con nuestro $\alpha = 0.05$

El modelo **ARIMA** que resaltó surge al momento de observar las gráficas ACF y PACF, (**ARIMA(4,1,2)**), para $\alpha = 0.05$ obtuvimos:

```
> coeftest(ARIMA_4_1_2) #pronostico 2330.80

z test of coefficients:

      Estimate Std. Error  z value  Pr(>|z|)
ar1   1.061991   0.119516   8.8857 < 2.2e-16 ***
ar2  -0.613929   0.189057  -3.2473 0.0011650 **
ar3   0.427641   0.202268   2.1142 0.0344956 *
ar4  -0.509734   0.145642  -3.4999 0.0004654 ***
ma1  -1.520701   0.073381 -20.7233 < 2.2e-16 ***
ma2   0.999999   0.079433  12.5893 < 2.2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Se propusieron varios modelos, dado que obteníamos rezagos significativos, pero al momento de proponer un rezago que lo fuera, había rezagos antes que no eran significativos, por lo que se recurrió a omitirlos e incluir los que sí lo eran, y comenzamos a considerar los modelos SARIMAS para permanecer en la idea inicial sobre que debía haber un patrón en los datos.

Al proponer modelos SARIMA, utilizamos periodicidad de 12, concluimos que como ya vimos en el análisis anterior en el mes de diciembre se registran mayores ventas, es decir, el incremento drástico se observa cada 12 meses y por lo general cada año en diciembre supera las ventas a los meses anteriores.

Mencionábamos anteriormente que durante 2020 la industria de vehículos ecológicos tuvo bajas, sin embargo, podemos observar una *recuperación* en diciembre, donde los datos siguieron la tendencia, registrando ventas superiores en comparación con el año anterior, esto refuerza la decisión del uso de la periodicidad = 12 para nuestro modelo SARIMA, tomando $\alpha = 0.05$ obtenemos:

```

> coeftest(SARIMA_2_1_0_0_0_12) #pronostico 2768

z test of coefficients:

      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
ar1   -0.28935    0.12429  -2.3280  0.01991 *
ar2   -0.31160    0.14467  -2.1539  0.03125 *
sma1   0.99960    0.47469   2.1058  0.03522 *
---
signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Observando ambos modelos podemos asumir que el mejor modelo es el ARIMA si tomamos como primera selección el supuesto de $\alpha = 0.05$, ya que la significancia del modelo SARIMA es menor. En el apartado 5.3 mediante el criterio de Akaike comprobaremos si efectivamente ese es el mejor modelo.

5.2. Nuestro modelo

En cada uno de los modelos graficamos las ACF y PACF, ya que son indicadores analíticos donde podemos observar los rezagos que son significativos, en el Cuadro 5 mostramos los modelos que mas resaltaron a través del test de los coeficientes, seguimos considerando los modelos SARIMAS, ya que no queríamos renunciar a la idea de que exista cierta periodicidad en nuestro modelo.

ARIMA	SARIMA
ARIMA_4_1_2	SARIMA_1_1_0_12_0_0
ARIMA_2_1_2	SARIMA_0_1_1_12_0_0
ARIMA_2_1_0	SARIMA_2_1_0_0_0_12

Cuadro 5: Mejores modelos

A continuación evaluaremos estos modelos mediante los criterios de selección.

5.3. Criterios de Selección

Empecemos con la prueba de **Akaike** esta prueba solo nos indica un número para cada modelo, cobra sentido cuando se tienen modelos con los cuáles comparar. Cabe resaltar que la prueba **AIC** es mejor para muestras pequeñas, nosotros estamos manejando una muestra bastante pequeña de 62 datos lo que nos lleva a que esta sería nuestra prueba

definitiva.

El criterio de selección es elegir el número que sea más pequeño, respecto de los otros. Veamos los resultados obtenidos:

Modelo	Akaike(AIC)
ARIMA_4_1_2	37.92034
ARIMA_2_1_2	38.24768
ARIMA_2_1_0	41.49421
SARIMA_1_1_0_12_0_0	39.01682
SARIMA_0_1_1_12_0_0	37.94791
SARIMA_2_1_0_0_0_12	32.8161

Por lo que de esta manera se optará en decir que el mejor modelo es el **SARIMA_2_1_0_0_0_12**

Quisimos ver que pasaba con la prueba **Bayesiano** y la diferencia entre el modelo **ARIMA_4_1_2** y **SARIMA_2_1_0_0_0_12** fue más notoria ya que se obtuvo 52.58075 y 41.19348 respectivamente. Por consiguiente se procede a validar los supuestos que debe cumplir el modelo.

5.4. Validación de los supuestos

Una vez que hemos seleccionado el modelo, es momento de ver como se comportan los residuales de dicho modelo, donde se espera ver que los residuales se comporten como ruido blanco (**WN**). En la Figura 10 vemos la **ACF** y **PACF** de los residuales:

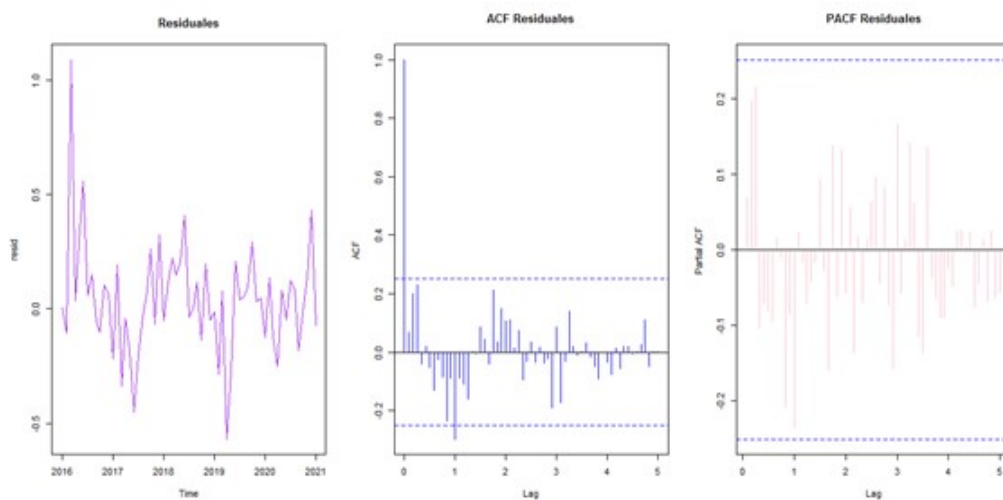


Figura 10: Análisis de los residuales

Dichas gráficas nos muestran que los residuales se comportan como ruido blanco, pues la correlación que existe entre ellos no es significativa, salvo un rezago en **ACF** es el que causa incertidumbre, no optaremos por desechar el modelo, por otro lado, como vemos en la Figura 11, que contiene el histograma de los residuales, no vemos alguna anomalía que nos haga sospechar que no se trata de un ruido blanco:

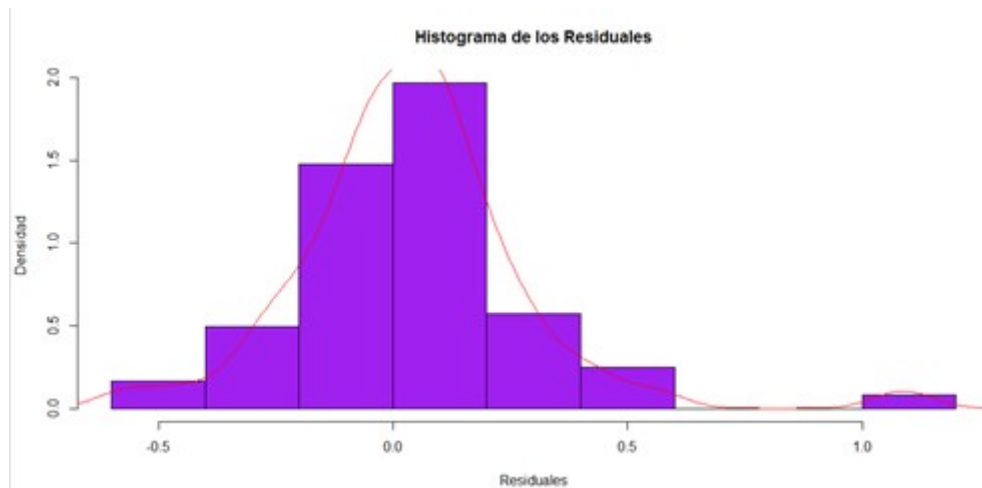


Figura 11: Histograma de los residuales

Dado que estas gráficas no son una justificación formal, para indicar si los residuales de nuestra serie son **WN**, simplemente son indicadores, que incitan a creer que lo son. Es tiempo de aplicar los test acordes para corroborar que los residuales se comportan como ruido blanco.

5.4.1. Dicky Fuller Aumentada

Esta prueba asume que los términos ϵ_t no están correlacionados y permite la autocorrelación con las perturbaciones, la cual prueba estacionariedad.

H0: El proceso es de raíz unitaria

En nuestro modelo solo el primer valor de la prueba es estacionario (0.01000000)

5.4.2. Box-Ljung

Dicha prueba es utilizada para determinar si una serie de observaciones son independientes a lo que implica que el conjunto de datos, no están correlacionados; si éste es el caso entonces nuestros residuales no son significativos, y por lo tanto podemos concluir que se comportan como ruido blanco.

H0: El proceso es ruido blanco.

Donde la prueba lo que hace es determinar la aleatoriedad en general, basada en los residuales, arrojando los respectivos valores (*p-values*) los cuales nos indican respecto a nuestro nivel de significancia (α) si rechazamos o no la hipótesis nula.

p-value		
0.58629120	0.16228124	0.33453566
0.23068734	0.25518959	0.43062452
0.09244583	0.34343686	$\alpha = 0.05$

De esta manera, nuestro modelo ha pasado por la validación de los supuestos ya que los *p-values* que ha arrojado la prueba son mayores que $\alpha = 0.05$, por lo tanto, el modelo **SARIMA_2_1_0_0_0_12** es válido para pronosticar.

5.5. Pronóstico

Dado que tenemos pocos datos no tenemos tantos datos para corroborar nuestro pronóstico, nuestra serie abarca hasta enero del 2021, la nueva fecha que ha publicado el INEGI que no incluimos en nuestra serie es *feb-2021*. (**Febrero del 2021 automóviles ecológicos vendidos: 3136**)

Notemos que en ese mes las ventas son mayores que en el mes anterior del año pasado, entonces se espera ver este comportamiento en nuestro pronóstico. En la Figura 12 vemos el gráfico resultante del pronóstico



Figura 12: Pronóstico

Podemos apreciar que nuestro modelo indica que, efectivamente, en febrero bajará la cifra, en comparación con diciembre que es cuando las ventas se incrementan más, ahora en el cuadro 6 podemos apreciar el análisis de los intervalos de confianza que como en la gráfica del pronóstico están muy cercanos:

Mes 2021	Intervalo por arriba U	Intervalo por abajo L	Pronóstico
Febrero	2,769.765	2,767.148	2,768.456
Marzo	2,673.413	2,670.632	2,672.023
Abril	2,075.580	2,072.731	2,074.157

Cuadro 6: Intervalos de confianza

Con esto podemos decir, que nuestro pronóstico predice bien los primeros 3 meses del año, ya que estos están dentro del intervalo de confianza.

Con lo anterior podemos observar que para Feb-2021 el pronóstico es de 2768.456 y el valor real de 3136 lo que nos da una diferencia de 368.456.

¡Por lo que el modelo
SARIMA_2_1_0_0_0_12
 funciona!

y la hipótesis inicial: *la venta de autos ecológicos en México tiene un comportamiento cíclico se cumple.*

6. Conclusión

El análisis de las series de tiempo y el modelado de éstas ha tomado mucha popularidad en los últimos años en el área de la estadística aplicada, gracias a esto es posible pronosticar con un nivel de confianza, además de poder encontrar detalles escondidos en una serie de datos.

La evidencia que presentamos anteriormente en el estudio de esta serie de tiempo resultó ser adecuada para la descripción y realización del pronóstico de automóviles ecológicos vendidos en México. Sin embargo, el tamaño de la base de datos represento una limitante, por lo que las predicciones son buenas a corto plazo.

Como notamos previamente en las ACF y PACF, y al analizar sus rezagos fue posible proponer varios modelos ARIMA, sin embargo logramos percibir cierta periodicidad en los correlogramas por lo que decidimos proponer modelos de tipo SARIMA, de éstos, uno resultó ser la mejor elección al final. En relación con la hipótesis planteada, se logró probar que no podemos rechazar que la venta de autos ecológicos tenga un comportamiento cíclico, lo que significa que es posible adaptar este modelo para ventas de automóviles en general.

Considerando que una serie de tiempo es un modelo de aproximación a la realidad, se logra obtener un acercamiento al futuro de las ventas de automóviles con una justificación estadística y tomando como base para este estudio datos reales, lo cual nos permite dejar de lado un pronóstico meramente especulativo.

Finalmente, podemos concluir que los autos ecológicos tendrán una mayor participación en el mercado mexicano así como en el mercado global. Es importante que esta investigación motive al lector a que en un futuro cercano opte por la adopción de tecnologías alternativas y que éstas estén al alcance de todos. Aunado a esto, faltan por desarrollar mejores políticas por parte del gobierno y de las mismas compañías del sector automotriz. No está de más recordar que México tiene el objetivo de reducir en 50 % las emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2050.

Índice de cuadros

1.	Ventajas y desventajas de los autos eléctricos.	6
2.	Cantidad de vehículos alternativos en México en el año 2020	7
3.	Precios de los autos ecológicos en México.	9
4.	Características de los vehículos alternativos en México	11
5.	Mejores modelos	21
6.	Intervalos de confianza	25

Índice de figuras

1.	Venta de vehículos híbridos y eléctricos Enero – Diciembre 2020	7
2.	Distribución de ventas 2016 - 2020	12
3.	Comparativo anual	13
4.	Ejemplo del diagrama de cajas y bigotes	14
5.	Diagrama de cajas y bigotes años 2016 y 2017	16
6.	Diagrama de cajas y bigotes años 2018 y 2019	17
7.	Diagrama de cajas y bigotes año 2020	17
8.	Automóviles ecológicos vendidos en México	18
9.	Resultados de la metodología de BoxJenkins	19
10.	Análisis de los residuales	22
11.	Histograma de los residuales	23
12.	Pronóstico	25

7. Bibliografía

- Correa Moreno, E. Series de tiempo: conceptos básicos. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de matemáticas, 2004.
- A. E. PG ABAS, JED YONG, T. M. I. M. A. M. A. H. (2019). Techno-Economic Analysis and Environmental Impact of Electric Vehicle. IEEE Access, 7, 98565–98578. <https://doi.org/10.3390/wevj12010031>
- Lopes, P. J. A., Soares, F. J., Almeida, R. P. M., Baptista, P. C., Silva, C. M., & Farias, T. L. (2009). Quantification of technical impacts and environmental benefits of electric vehicles integration on electricity grids. 2009 8th International Symposium on Advanced Electromechanical Motion Systems & Electric Drives Joint Symposium, 1–3. <https://doi.org/10.1109/ELECTROMOTION.2009.5259139>

- A.M.P. (26 de abril de 2021). BBVA México espera colocar al menos 2 mil créditos para la compra de autos eléctricos, Milenio Diario.
<https://www.milenio.com/negocios/bbva-mexico-espera-colocar-creditos-compra-autos-electricos>
- Autos Híbridos. (2014). Javier Martínez.
http://www.jeuazarro.com/wpcontent/uploads/2014/10/Autos_Hibridos.pdf
- EcoTAGPASE. (2021). ID México.
<https://www.idmexico.com.mx/EcoTagPase/assets/pdf/TyCEcoTagPase.pdf>
- Gaceta Oficial de la Ciudad de México. Cap. 8.6.3.1 2020 (México)
[VerificacionVehicular2021.pdf](#) (cdmx.gob.mx)
- Ley del Impuesto sobre tenencia o uso de vehículos. Art.14-B 2008 (México)
Abrogada: Ley del Impuesto sobre Tenencia o Uso de Vehículos. DOF 30-12-1980 (diputados.gob.mx)
- Ley Federal del Impuesto sobre automóviles nuevos. Art.8. 2016 (México)
Ley Federal del Impuesto sobre Automóviles Nuevos (diputados.gob.mx)
- Pérez S., R. (2021, Mayo 25). Movilidad vehicular sostenible, transición necesaria en México. La Jornada. <https://www.jornada.com.mx/notas/2021/05/25/autos/movilidad-vehicular-sostenible-transicion-necesaria-en-mexico/>
- Prospectiva de vehículos alternativos en México al 2040. (2018, Mayo). Antonio Sebastián Villarreal. <https://hdl.handle.net/11285/636603>
- Vendidos 24,405 vehículos híbridos/eléctricos en 2020; 2.6 % total año: AMIA. (2021, Marzo 6). Auto Motores. <http://www.automotores-rev.com/vendidos-24405-vehiculos-hibridos-electricos-en-2020-2-6-total-ano-amia/>