

## **La industria aeroespacial en México post COVID 19: análisis y predicción mediante un modelo ARMA**

Jesús Castillo Rodríguez\*

*(Recibido: febrero, 2023/Aceptado: junio, 2023)*

### **Resumen**

La investigación analiza la dinámica de la industria aeroespacial centrándose en las acciones que toma dicha industria en la etapa post COVID 19. Se estima un modelo ARIMA para el análisis de series de tiempo con periodos mensuales para la obtención de un pronóstico referente a la producción de equipo aeroespacial de México. Ya que el modelo ARMA permite el trato de valores pasados tanto de corto como de largo plazo, siendo susceptibles de análisis, por lo que la metodología plantea el uso de esta modelación estocástica. Los resultados preliminares arrojan una tasa de crecimiento acelerada de la producción de equipo aeroespacial para luego tener una caída considerable durante el desarrollo de la pandemia por COVID19.

*Palabras clave:* industria aeroespacial, COVID19, modelo ARMA.

*Clasificación JEL:* C32, E23, E66.

---

\* Profesor-investigador de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. KM 5.5, 23080 La Paz, B.C.S., México. Correo electrónico: cast86@prodigy.net.mx.

# The aerospace industry in Mexico post COVID 19: Analysis and prediction using an ARMA model

## Abstract

The research analyzes the dynamics of the aerospace industry, focusing on the actions taken by said industry in the post-COVID19 stage. An ARIMA model is estimated for the analysis of time series with monthly periods to obtain a forecast regarding the production of aerospace equipment in Mexico. Since the ARMA model allows the treatment of past values, both short and long term, being susceptible to analysis, so the methodology proposes the use of this stochastic modeling. Preliminary results show an accelerated growth rate in the production of aerospace equipment to later have a considerable drop during the development of the COVID19 pandemic.

*Keywords:* aerospace industry, COVID19, ARMA model.

*Clasificación JEL:* C32, E23, E66.

## 1. Introducción

El objetivo de esta investigación es estudiar la producción de la industria aeroespacial a través del modelo ARMA, cuantificar las pérdidas que tuvo dicha industria por las consecuencias de la crisis por COVID19, así como analizar las estrategias de las armadoras para hacer frente a la etapa post COVID 19.

El modelo ARMA( $p, q$ ) consiste en la combinación de un término autorregresivo (AR) y un término de promedio móvil (MA), donde ( $p$ ) se refiere al orden del modelo autorregresivo y ( $q$ ) al término de media móvil  $q$  términos de error, donde este modelo parte de un proceso estocástico siendo una colección de variables aleatorias donde  $X_t: t \in T$  parametrizada por un conjunto  $T$ , llamado espacio temporal, en donde las variables reflejan valores en un conjunto  $S$  llamado espacio de estados (Rincón, 2012). Ahora bien, las observaciones de dicho proceso forman una serie parametrizada por el tiempo, conocida como serie temporal (Ayala y Bucio, 2020). Luego

entonces la investigación parte de una serie temporal, siendo el conjunto de valores o datos conocidos respecto a la producción de equipo aeroespacial.

El artículo se divide en cuatro secciones, la primera parte introduce al lector en los retos y consecuencias que enfrenta la industria aeroespacial antes, durante y después de la crisis por la pandemia COVID 19, la siguiente parte se enfoca en describir la metodología usando el método ARMA por Box y Jenkins (1976), en la tercera parte se expone los resultados, para finalmente terminar con las conclusiones.

## **2. La industria aeroespacial post COVID 19**

La profundidad y duración de la crisis económica post COVID19 no se puede determinar con exactitud ya que hay diversos factores a considerar, los más importantes: el desempleo, la producción, el consumo, las exportaciones, el ingreso, la inversión, etc., ya que todas estas variables fueron golpeadas por la pandemia. Por lo tanto, la capacidad de respuesta de los diferentes países del mundo para superar la crisis postpandemia y abrir paso a la recuperación económica es amplio.

Debido a este colapso, la industria aeroespacial fue una de las más afectadas por la pandemia derivado de las restricciones sanitarias, que afectaron el turismo y la reducción de los viajes, impactando directamente en los ingresos de las aerolíneas, por lo tanto, las aerolíneas al cancelar y aplazar los pedidos de aeronaves hubo una reducción en la producción de equipo aeroespacial, haciendo un efecto cascado sobre todas las empresas dedicadas al sector aeroespacial (Dubuc, 2021).

Igualmente, el desempleo en la industria aeroespacial se disparó del 7% al 13% provocado por el COVID19, estas pérdidas de puestos de trabajo pueden vincularse directamente al sector de la aviación (Dubuc, 2021). Por otro lado, dado que esta industria emplea una mano de obra altamente calificada, existe un gran riesgo de que los empleados que se han perdido se redirijan a otros lugares y que, cuando llegue el regreso a la normalidad, la industria ya no tenga acceso a los recursos humanos necesarios para comenzar la recuperación. Estas pérdidas de empleo también tienen un efecto sobre el atractivo de México, ya que uno de los factores que llevó a muchas empresas extranjeras a invertir en el país es la reserva de trabajadores profesionistas calificados, estos despidos tienen un efecto desastroso en el atractivo de los programas de formación aeronáutica como el de la Universidad

Aeronáutica de Querétaro. Martin *et al.* (2020) señala que los empleos perdidos por la pandemia tardarán en recuperarse en aproximadamente seis años.

La pandemia de COVID-19 obligó a Boeing a eliminar 12.000 puestos de trabajo, una grave crisis tanto dentro de la empresa como de la industria de la aviación a nivel global. Boeing también anunció que sufrió una pérdida antes de USD 1 500 millones en el primer trimestre del 2020, después del comienzo de la pandemia (Woo *et al.*, 2021).

Debido a esta pérdida Boeing planteo una estrategia de innovación abierta en sus divisiones de ingeniería y fabricación, así como en su departamento de I+D. La innovación abierta es un modelo de gestión empresarial centrado en la innovación que busca estimular la colaboración entre empresas, empleados y empresas externas. En otras palabras, la innovación abierta significa que las innovaciones pueden provenir de dentro o fuera de la empresa (Chesbrough, 2003).

La reciente crisis de la industria aeroespacial con la pandemia por COVID 19 han puesto de manifiesto la importancia de la diversificación en la industria aeroespacial. Empresas como Boeing, Airbus y Bombardier deben reequilibrar sus carteras y no prestar toda su atención a divisiones individuales como los aviones comerciales (Woo *et al.*, 2021)

La fortaleza más importante de la industria aeroespacial es su fragmentación, ya que se puede argumentar que hay demasiadas empresas pequeñas, que son capaces de crear economías de escala para satisfacer la demanda del mercado global de equipo aeroespacial (Wiśniewski, 2012). Y que los conglomerados internacionales solo deben subcontratar las piezas secundarias y no depender demasiado de la proveeduría externa (Altfeld, 2010).

Dado que la pandemia limitó la mayoría de los movimientos en todo el mundo, la Asociación Internacional de Transporte Aéreo pronostica que la demanda mundial de viajes no se recuperará a los niveles anteriores a la pandemia hasta el año 2024, y que la recuperación de los viajes internacionales de larga distancia tome más tiempo que la de viajes de rutas aéreas más cortas como las nacionales (ACI, 2021).

### 3. Metodología

Para la presente investigación se emplea una regresión econométrica múltiple basada en un modelo auto regresivo y de medias móviles (ARMA) y al

mismo tiempo se utiliza una variable cualitativa binaria de unos y ceros para capturar el efecto del COVID-19 sobre la producción de equipo aeroespacial, donde en sí el modelo ARMA es un proceso estocástico estacionario, que consiste en un tipo de análisis de las series de tiempo, y que se expresa de la siguiente forma (Box y Jenkins, 1976):

el modelo autorregresivo (AR) se describe a continuación:

$$AR_1 = Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + a_t$$

Para toda  $t = 0, +1, +2, \dots$ ,

$$AR_p = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + a_t$$

Para toda  $t = 0, +1, +2, \dots$ ,

que puede sustituirse mediante un operador de retardo  $B$ , quedando de la siguiente forma:

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots + \phi_p B^p) Y_t = a_t \quad B^k(Y_t) = Y_{t-k}$$

y el modelo de medias móviles (MA) tiene una connotación similar al modelo AR, quedando de la siguiente manera:

$$MA_1 = Y_t = \alpha_t - \theta_1 \alpha_{t-1}$$

Para toda  $t = 0, +1, +2, \dots$ ,

$$MA_q = \alpha_t - \theta_1 \alpha_{t-1} - \theta_2 \alpha_{t-2} - \dots - \theta_q \alpha_{t-q}$$

Para toda  $t = 0, +1, +2, \dots$ ,

de la misma forma que el modelo AR utilizamos el operado de retardo  $B$ , quedando de la siguiente forma:

$$Y_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots + \theta_q B^q) a_t$$

luego entonces al conjuntar ambos modelos, tendremos el modelo ARMA:

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \alpha_t - \theta_1 \alpha_{t-1} - \theta_2 \alpha_{t-2} - \dots - \theta_q \alpha_{t-q}$$

Para toda  $t = 0, +1, +2, \dots$ ,

que se puede describir de la siguiente forma:

$$Y_t - \phi_1 Y_{t-1} + \phi_1 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} = \alpha_t - \theta_1 \alpha_{t-1} - \theta_2 \alpha_{t-2} - \dots - \theta_q \alpha_{t-q}$$

Para toda  $t = 0, +1, +2, \dots,$

$$Y_t(1 - \phi_1 B - \phi_1 B^2 - \dots - \phi_p B^p) = \alpha_t(1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)$$

donde:

$Y_t = Y_t$  y  $\alpha_t$  es ruido blanco con varianza  $\sigma^2$ , con media finita  $\mu$

$Y$  = Fabricación de equipo aeroespacial, siendo esta la variable a explicar representa el valor total de la producción y manufactura de los productos elaborados referentes al equipo aeroespacial, sector (336) y subsector de actividad (3364), resultados integrados en miles de pesos corrientes en meses.

$X_1$  = Variable cuantitativa *dummy*, 1 para el tiempo que estuvo la pandemia por COVID 19 y 0 para no.

$Y$  que los insumos de datos fueron tomados del INEGI, de la encuesta mensual de la industria manufacturera (EMIM), con un periodo de estudio que va del mes de enero del 2013 al mes de noviembre del 2022.

Supondremos además que  $\theta_1$  es diferente de  $\theta_1$ , para que  $(1-\phi_1 B)$  sea diferente de  $(1-\theta_1 B)$  y no tengan un ruido blanco. Y que cumplen las condiciones de estacionariedad  $|\phi_1| < 1$  y de invertibilidad  $|\theta_1| < 1$ .

Las integraciones AR no pueden representar series de memoria muy corta, ya que el valor actual de la serie sólo está correlacionado con un número bajo de valores anteriores al de la serie; las integraciones MA son función de un número finito de iteraciones.

#### 4. Resultados y discusión

Se corrieron decenas de regresiones, donde la regresión más eficiente se presentan en la tabla 1.

Tabla 1  
 Modelo ARMA para determinar de la producción de la industria  
 aeroespacial y los efectos del COVID 19 (en miles de pesos)

Variables	Coefficientes
Constante (C)	938 361.5***
COVID19( $X_1$ )	-433 031.3***
AR(1)	.441403***
AR(2)	.236816***
AR(3)	.659667***
AR(4)	-.352314***
MA(3)	-.669562***
MA(12)	.297159***
$R^2$	0.7788
Akaike	25.951

Fuente: elaboración propia en e-views con la base en EMIM 2013-2022.

Nota: \*\*\*significante al 10%, \*\*significante al 5%, \*significante al 1%.

El intercepto C, nos indica que existen condiciones favorables para la industria aeroespacial en México, ya que inicia con un valor de su producción en zona positiva con 938 361 500 pesos, y debido a que este valor es autónomo no depende de ninguna variable. La variable  $X_1$  denota la captura de los efectos que se tuvieron por pandemia en la producción de la industria aeroespacial en México, indicando que el COVID19 genero una bajada de menos 433 031 300 pesos para esta industria específica.

En cuanto a las variables autorregresivas,  $AR_1$  nos indica que el valor de la producción de equipo aeroespacial tiene relación con la producción del mes anterior en 441.403 pesos; así mismo  $AR_2$  nos indica que el valor de la producción de equipo aeroespacial tiene relación con la producción de dos meses anteriores en 236.816 pesos; de la misma manera  $AR_3$  nos indica que el valor de la producción de equipo aeroespacial tiene relación con la producción de tres meses anteriores en 659.667 pesos; por último  $AR_4$  nos indica que el valor de la producción de equipo aeroespacial tiene relación con la producción de cuatro meses anteriores en -352.314 pesos.

Por otro lado, a analizando las medias móviles,  $MA_3$  nos indica que el valor de la producción de equipo aeroespacial tiene relación con la producción promedio del último trimestre en -669.562 pesos;  $MA_{12}$  nos indica que el valor de la producción de equipo aeroespacial tiene relación con la producción promedio del último año en 297.159 pesos.

Donde cada una de las variables independientes descritas con anterioridad son estadísticamente significativas al 99%.

En cuanto al valor que toma el *R-cuadrado* es de .7788, recordando que este valor refleja el ajuste del modelo tomando valores entre 1 y 0, por lo que este modelo se ajusta en buena media; el valor de referencia de *Akaike* siendo el menor de todos lo modelos que se estimaron, hacen este modelo el mejor.

Cuadro 1  
Correlograma de la regresión

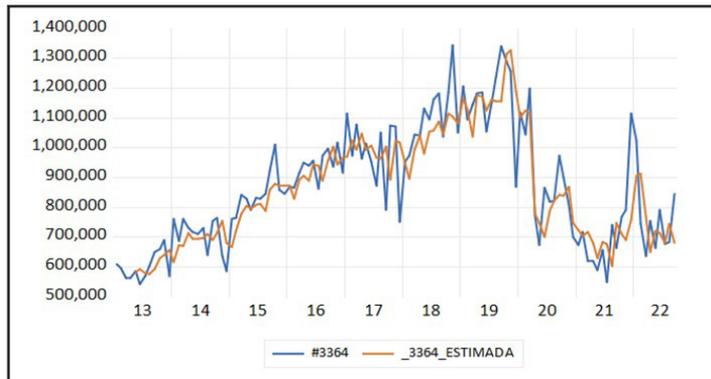
Autocorrelacion	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*	
		1	-0.031	-0.031	0.1154	
		2	-0.012	-0.013	0.1335	
		3	-0.049	-0.050	0.4326	
		4	0.020	0.017	0.4838	
		5	0.023	0.023	0.5516	
		6	0.000	-0.000	0.5516	
		7	-0.101	-0.099	1.8493	0.174
		8	-0.085	-0.091	2.7826	0.249
		9	-0.045	-0.056	3.0444	0.385
		10	-0.016	-0.033	3.0783	0.545
		11	-0.090	-0.101	4.1316	0.531
		12	0.009	0.002	4.1425	0.657
		13	-0.066	-0.069	4.7253	0.693
		14	0.035	0.011	4.8892	0.769
		15	0.013	-0.003	4.9141	0.842
		16	-0.038	-0.062	5.1179	0.883
		17	0.065	0.051	5.7138	0.892
		18	-0.014	-0.038	5.7418	0.929
		19	0.049	0.025	6.0875	0.943
		20	-0.121	-0.142	8.1927	0.879
		21	-0.067	-0.097	8.8387	0.886
		22	0.021	-0.004	8.9009	0.917
		23	0.002	-0.029	8.9018	0.943
		24	-0.021	-0.042	8.9698	0.960
		25	-0.078	-0.080	9.8868	0.956
		26	-0.012	-0.025	9.9086	0.970
		27	0.170	0.143	14.402	0.852
		28	-0.049	-0.079	14.779	0.872
		29	0.031	-0.006	14.929	0.897
		30	-0.162	-0.167	19.134	0.745
		31	0.039	-0.031	19.380	0.779
		32	0.063	0.022	20.026	0.790
		33	-0.098	-0.176	21.611	0.757
		34	0.010	0.004	21.629	0.798
		35	-0.137	-0.160	24.821	0.687
		36	0.080	0.035	25.919	0.679

Fuente: elaboración propia en *E-views* con la base en EMIM 2013-2022.

En la gráfica 1 nos indica la correlación de los residuos, donde el análisis gráfico de las barras al no superar las bandas de confianza nos indica que los residuos son estacionarios, haciendo que el modelo mismo sea estacionario. Cumpliendo el supuesto de ser un proceso puramente aleatorio donde el correlograma se reduce a un segmento de longitud unitaria con las siguientes condiciones:

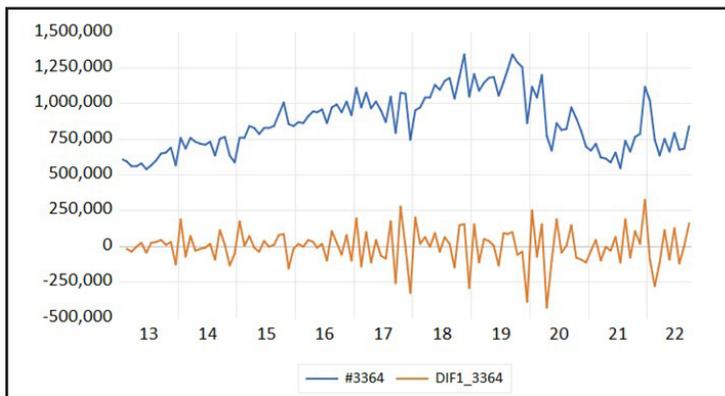
$$U = E(Y_t) = 0, \quad g_0^2 = \text{var}(Y_t), \quad g_k = \text{cov}(Y_t, Y_{t+k}) = 0 \quad k = \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots$$

Gráfica 1  
Serie estimada (\_3364\_ESTIMADA) vs serie real (#3364)  
en miles de pesos



Fuente: elaboración propia en *E-views* con la base en EMIM 2013-2022.

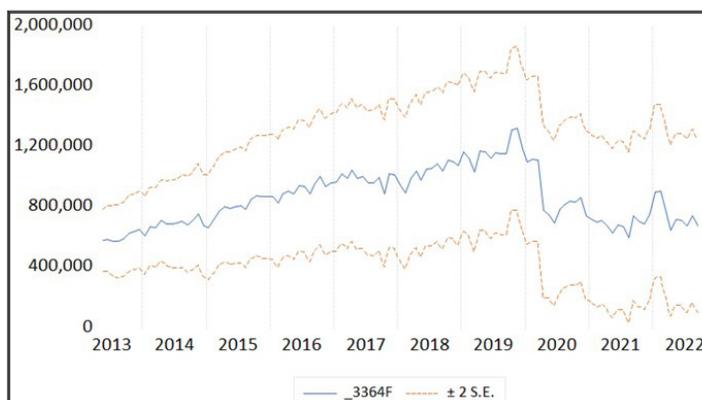
Gráfica 2  
Serie real (#3364) vs serie AR(1) (DIF1\_3364) en miles de pesos



Fuente: elaboración propia en *E-views* con la base en EMIM 2013-2022.

De la gráfica 2, se observa en perspectiva que la serie original (#3364) tiene una tendencia por lo tanto la serie es no estacionaria, pero al aplicar la primera diferencia (DIF1\_3364) la serie ya no tiene tendencia y más o menos tiene una variabilidad constante.

Gráfica 3  
Predicción del modelo en miles de pesos



Fuente: elaboración propia en *E-views* con la base en EMIM 2013-2022.

De la gráfica 3, podemos observar la tendencia que siguió la producción de la industria aeroespacial donde, del año 2013 al 2019 se nota una tendencia alcista, tocando un máximo de producción por encima de 1 200 000 000 pesos, y que con la llegada de la crisis por COVID19 hubo un giro y cambio de tendencia bajista, tocando mínimos que incluso están por debajo del año base, por lo que para regresar a niveles previos de producción antes la crisis COVID19 implica un reto importante para la industria.

#### 4. Conclusiones

La modelación ARMA es uno de los métodos más precisos para tratar series temporales con tendencia y estacionalidad, por lo que resulta útil para modelar series que describan el comportamiento productivo para garantizar pronósticos eficaces.

El objetivo de la investigación se cumplió, se generó un abanico de pronósticos para la serie temporal referente a la producción de equipo aeroespacial mediante el uso del modelo ARMA, incluyendo un tratamiento

cualitativo con ayuda de una variable dicotómica para estimar el efecto que tuvo la crisis por COVID19 sobre la producción aeroespacial, y que dado los resultados se demuestro una caída en la producción de dicha industria por 433 031 300 pesos por mes, es decir esta cifra refleja el costo de oportunidad de lo que se dejo de producir y vender.

Por otro lado, las recomendaciones y estrategias que debe implantar la industria aeroespacial para hacer frente al periodo post COVID19 es establecer una cadena de suministros consolidada, que incentive un desarrollo en su conjunto de las empresas grandes y no por entidades, avocarse a un mercado bilateral diversificando las actividades hacia nuevas áreas como la producción civil, de defensa y equipos de seguridad, así como enfocarse en la saturación del mercado interno y bajar la dependencia de las exportaciones.

## Referencias

- ACI (2021). Airports Council International. Available online: consultado el 05-09-2022 en <https://aci.aero/news/2021/03/25/the-impact-of-covid-19-on-the-airport-business-and-the-path-to-recovery/>.
- Altfeld, H. (2010). Commercial Aircraft Projects: Managing the Development of Highly Complex Products; Ashgate: Farnham, UK.
- Ayala, F., y C. Bucio (2020). Modelo ARIMA aplicado al tipo de cambio peso-dólar en el periodo 2016-2017 mediante ventanas temporales deslizantes. *Revista mexicana de economía y finanzas*, 15(3), 331-354.
- Box, E. y M. Jenkins (1976). Time series analysis: forecasting and control. Michigan, Estados Unidos de America: Holden-Day.

- Chesbrough, W. (2003). *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*; Harvard Business School Press: Cambridge, MA, USA. pp. 43-56.
- Dubuc, A. (2021). Aerospace update: One year after the pandemic, the needs are greater but the policies are a long time coming. *Institut du Québec*. 1(1), 1-15.
- E.M.I.M (2022). Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera en Banco de información económica, consultado el 01-11-2022 en <https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>.
- Rincón, L. (2012). *Introducción a los procesos estocásticos*. Ciudad de México, México: *Las prensas de ciencias* - UNAM.
- Wiśniewski, R. (2012). Defence industry in the european unión challenges and opportunities intimes of economic crisis. *Przegląd Strategiczny*, 2(2), 95-113.
- Woo, A.; B. Park; H. Sung; H. Yong; J. Chae, & S. Choi (2021). An Analysis of the Competitive Actions of Boeing and Airbus in the Aerospace Industry Based on the Competitive Dynamics Model. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(3), 192.