



Análisis de estabilidad coalicional entre las aerolíneas mexicanas dentro del mercado de transporte aéreo de mercancías antes y durante la Covid-19

Analysis of coalitional stability between Mexican airlines within the air freight transport market before and during Covid-19

José Leonel Larios Ferrer^{1*}, Carlos Vega-Ortiz²,
Arturo Redondo Galván¹

¹Universidad Politécnica de la Energía, México

²University of Utah, Estados Unidos

Recibido el 6 de diciembre de 2022; aceptado el 23 de mayo de 2023

Disponible en Internet el: 24 de mayo de 2023

Resumen

En este trabajo se analiza la estabilidad de coaliciones entre aerolíneas mexicanas dentro del mercado de transporte aéreo de mercancías (MTAM) antes y durante la Covid-19. Se aplica teoría de juegos y simulaciones en Scilab para determinar los elementos de cada juego. Se halla una diversidad de maneras que las aerolíneas tienen para formar parte de un grupo dominante en el MTAM, donde las aerolíneas pequeñas pueden tener relevancia. Además, se encuentra que la estabilidad de las alianzas depende de su solidez y que, en el largo plazo, no todas las coaliciones ganadoras minimales ofrecen estabilidad. Este tipo de estudios puede coadyuvar a la toma de decisiones por parte de las empresas dentro de dicho mercado y por parte del gobierno como agente regulador. Es importante saber las posibles alianzas para tener las ventajas que ello conlleva y llegar a nuevos puntos de carga en los actuales y futuros aeropuertos.

* Autor para correspondencia

Correo electrónico: lariosleoster@gmail.com (J. L. Larios Ferrer).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

<http://dx.doi.org/10.22201/fca.24488410e.2023.4908>

0186- 1042/© 2019 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Contaduría y Administración. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

Código JEL: C71, C88, D71, L22, L93

Palabras clave: Juego de Mayoría Ponderada (JMP); Juego en Diferencias (JD); simulaciones en Scilab; mercado de transporte aéreo de mercancías (MTAM); Covid-19

Abstract

This work analyzes the stability of coalitions between Mexican airlines within the air freight transport market (AFTM) before and during Covid-19. Game theory and simulations in Scilab are applied to determine the elements of each game. There are a variety of ways that airlines can become part of a dominant group in the AFTM, where small airlines can be relevant. Furthermore, it is found that the stability of alliances depends on their strength and that, in the long run, not all minimally winning coalitions offer stability. This type of study can contribute to decision-making by companies within said market and by the government as a regulatory agent. It is important to know the possible alliances to have the advantages that this entails and reach new charging points in current and future airports.

JEL Code: C71, C88, D71, L22, L93

Keywords: Weighted Majority Game (WMG); Difference Game (DG); simulations in Scilab; air freight transport market (AFTM); Covid-19

Introducción

En esta investigación se realiza un estudio del mercado mexicano de transporte aéreo de mercancías antes y durante la Covid-19 mediante teoría existente y desarrollada de manera propia en el área de la teoría de juegos. Aunque el número de aerolíneas dedicadas al transporte de mercancías no es tan grande, se puede prestar el mercado para hacer alianzas entre las mismas o incluso asociarse con empresas extranjeras dedicadas al mismo ramo. En este sentido, se puede hacer un análisis con la teoría de juegos para dar a conocer a las empresas las múltiples maneras en que se puede tener dominio en dicho mercado.

La formulación de este tipo de juegos puede ser planteada con la teoría de juegos cooperativos, específicamente con los Juegos de Mayoría Ponderada (JMPs) los cuales son un caso particular de los juegos simples. En la literatura, usualmente a este tipo de tópicos se les coloca dentro del análisis de estabilidad de coaliciones, misma que se aborda desde la teoría económica con la Nueva Economía Política (NEP).¹ Además, puede resultar interesante determinar el número de periodos en los cuales cierta agrupación de aerolíneas puede mantener el control de este mercado y para ello se puede recurrir a lo que se denominará los Juegos en Diferencias desarrollados de manera propia.

¹ Muchos de los autores de la NEP pertenecen también a la teoría de Elección Pública, la cual estudia el comportamiento del gobierno y de los electores con un análisis de carácter positivo.

Respecto al transporte aéreo en general, la asociación internacional del transporte aéreo (IATA)² fundada en abril de 1945, ha perdido fuerza a través de los años en su función original como ente regulador de las tarifas internacionales; actualmente los precios fijados por la IATA se han transformado en tarifas “sugeridas” más que obligatorias, dando oportunidad a las autoridades gubernamentales para normalizar la aprobación de los cuadros tarifarios de las empresas aéreas. Cada gobierno se reserva el control de su espacio aéreo, fija las condiciones de tráfico y las tarifas internas (Canseco González et al., 2015).

En México, hasta mediados de los años 80s, el sistema de transporte aéreo estaba fuertemente regulado por el gobierno con una competencia no equitativa, donde los servicios de transporte se llevaban a cabo por concesiones y permisos (Joskow y Noll, 1999). Después, en los años 90s, este sistema cambió debido a la implantación de medidas económicas de corte liberal, como la privatización de las empresas prestadoras de los servicios, la reducción de barreras de entrada a los mercados y la desregulación de las tarifas (Rico Galeana, 2010).

La consecuencia más importante de la liberación y desregularización ha sido el crecimiento del sector, siendo más visible en regiones como Estados Unidos y la Unión Europea. A partir de los 90s dichas regiones han impulsado fuertemente una mayor competitividad entre aerolíneas y empresas del sector. Durante 2013, la red mundial transportó 3.1 billones de pasajeros mediante 33 millones de vuelos programados. Diversos estudios sugieren que estas cifras casi se duplicarán para el 2030, lo que podría conllevar a un papel muy importante en la economía mundial (ICAO, 2014; AIRBUS, 2014; EUROCONTROL, 2014, como se citó en Canseco González et al., 2015).

En México, la Comisión Federal de Competencia Económica (COFECE) es una de las instituciones que se encarga de vigilar y normar los mercados en México. Dicha institución surgió como un organismo autónomo encargado de aplicar la Ley Federal de Competencia Económica (LFCE), ley surgida desde junio de 1993; dicha ley reglamentaria del artículo 28 constitucional en materia de competencia económica y monopolios pretende proteger el proceso de competencia y libre concurrencia (Sánchez Ugarte et al., 2004). Fue hasta el 2013 con la nueva LFCE que la COFECE tomó autonomía (Ambriz Villalpa, 2015).

Según la COFECE (2018) realizar alianzas puede llevar a aumentar de manera positiva los niveles de rivalidad entre competidores al reducir costos o aumentar la innovación. Es decir, incentivan a una mayor competencia entre agentes económicos. La reducción de costos puede deberse al ahorro en recursos al producir lo mismo con menores costos, por la baja en gastos administrativos, por transferencia de tecnologías, por expansión de infraestructura, entre otros.

² Por sus siglas en inglés: International Air Transport Association (IATA).

De acuerdo a Canseco González et al. (2015), en México, la estructura de costos de cualquier aerolínea se basa en costos directos e indirectos, representa aproximadamente el 80 % y 20 %, respectivamente. Los costos de combustible, rentas y salarios representan el 60 % del total de los costos. En la Figura 1 se observa el porcentaje promedio que cubre cada uno de los costos de las aerolíneas.

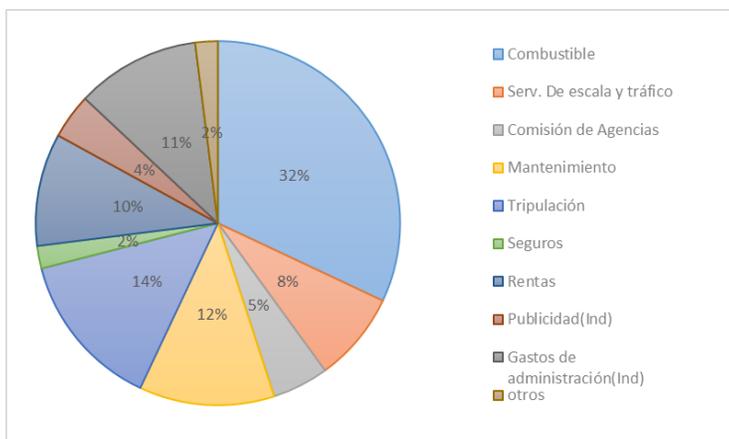


Figura 1. Estructura de costos de aerolíneas mexicanas.
Fuente: Canseco González et al. (2015: 350).

Por lo anterior, a lo largo del tiempo han ido existiendo algunas líneas de bajo costo (LCC),³ sobre todo en el servicio de pasajeros y recientemente en el de carga. Las primeras concesiones en el transporte aéreo fueron otorgadas en el año de 1921 para la compañía Mexicana de Transportación Aérea, S.A. y para la compañía Mexicana de Aviación; después, Aeronaves de México hizo lo propio en 1932 (DGAC, 2010, como se citó en Canseco González et al., 2015). Sin embargo, aunque los líderes tradicionales del mercado desde los años 30s han sido Aeroméxico y Mexicana, a partir del 2005, sus cifras comenzaron a disminuir pasando de cinco a cuatro millones de pasajeros por año. Como ha sucedido en las otras regiones del mundo, el modelo de servicio tradicional en las aerolíneas mexicanas, fue afectado por la llegada en 2005 de las nuevas LCC. A pesar que el transporte de carga no es una característica representativa en el modelo de negocio de las LCC, ha sido practicado por algunas aerolíneas mexicanas, entre las que se encuentran Volaris e Interjet (DGAC, 2013, como se citó en Canseco González et al., 2015).

También, a lo largo del tiempo han existido ciertas alianzas entre las aerolíneas, tanto nacionales e internacionales. Ejemplo de ello han sido las alianzas SKYTEAM formada en el año 2000 por las

³ Por sus siglas en inglés “Low Cost Carriers”.

compañías Aeroméxico, Air France, Delta Airlines, KLM y Korean Air y más recientemente, en el año 2019, la alianza entre Interjet y Qatar Airways (Liligo, s.f. y Carrilo, 2019).

Muchas de estas alianzas han tenido una importante participación en el transporte aéreo de mercancías a lo largo del tiempo tal como lo permite el Artículo 48 de la Ley de aviación civil. Dicho artículo versa sobre que los contratos de servicio de transporte aéreo podrán referirse a pasajeros, carga o correo. Para más información acerca del transporte de carga, ver dicho artículo y el Artículo 55 en el documento Ley de aviación civil (2021). Además, en dicho documento se presenta información sobre la emisión de tarifas y de la COFECE como agente regulador de dicho mercado (ver Artículos 42 y 43).

En la literatura, no se identificaron conflictos para que las diferentes aerolíneas mexicanas se puedan aliar. Sin embargo, de acuerdo a la LFCE, existen ciertas limitaciones legales para comprar empresas o hacer una fusión entre ellas. Además, cuando la transacción entre empresas supera los umbrales definidos, se debe solicitar autorización a la COFECE, la cual puede ser negada por considerar que afecta a la competencia (Ambriz Villalpa, 2015).

Por lo anterior, resulta plausible que las aerolíneas mexicanas puedan formar alianzas con el fin de ganar poder en este mercado de transporte en particular, no pasando por alto que la formación de las mismas puede implicar algunos costos, tanto recuperables, como no recuperables.

Así, el objetivo de la presente investigación es analizar la estabilidad coalicional que tienen las aerolíneas mexicanas dentro del mercado de transporte aéreo de mercancías (MTAM) antes y durante la Covid-19, usando para ello datos del 2019 al año 2021, tópicos especiales de la teoría de juegos cooperativos y simulaciones realizadas en Scilab.

Para dar cumplimiento a este objetivo, primero se realiza un estudio de las aerolíneas mexicanas dedicadas a la carga de mercancías que operan dentro del MTAM antes y durante la Covid-19; luego, se presentan temas especializados de la teoría de juegos cooperativos, como lo es la teoría del AEC y teoría propia desarrollada en esta área; después, se procede a presentar algunos resultados de las simulaciones hechas en Scilab dando algunos escenarios que los grupos aeroportuarios pueden formar con el fin de tener una mejor posición en el mercado y de la estabilidad de las coaliciones a lo largo de cierto periodo de tiempo. Al final del trabajo, se presentan los principales resultados encontrados y las conclusiones.

Distribución de las aerolíneas mexicanas en el MTAM

De acuerdo con información de la Agencia Federal de Aviación Civil [AFAC] (2020, 2021), la participación de las aerolíneas mexicanas dentro del MTAM se ha llevado a cabo con base a la información presentada en la Tabla 1.

Tabla 1

Distribución de las aerolíneas en el MTAM con base a la cantidad de mercancías trasladadas durante el año 2019, 2020 y 2021.

Aerolínea	Distribución antes de la Covid-19		Distribución durante la Covid-19			
	Número de empresa de acuerdo a su tonelaje	Cantidad de mercancías trasladadas ¹ durante 2019	Número de empresa de acuerdo a su tonelaje	Cantidad de mercancías trasladadas durante 2020	Número de empresa de acuerdo a su tonelaje	Cantidad de mercancías trasladadas durante 2021 ²
Mas Air	3	57.81 (14 %)	2	79.46 (21 %)	1	95.4 (22 %)
Grupo Aeroméxico	1	124.88 (31 %)	3	71.54 (19 %)	2	92.13 (21 %)
Aeronaves TSM	4	46.75 (12 %)	4	50.56 (13 %)	3	71.07 (16 %)
Aerounión MCS	2	73.67 (18 %)	1	80.85 (21 %)	4	65.45 (15 %)
Aerocarga de México	7	19.73 (5 %)	5	44.74 (12 %)	5	51.5 (12 %)
Estafeta	6	30.36 (7 %)	6	28.37 (7 %)	6	31.87 (7 %)
Volaris	8	19.3 (5 %)	7	16.21 (4 %)	7	18.91 (4 %)
Viva Aerobus	10	0.08 (0.02 %)	9	2.56 (0.7 %)	8	6.16 (1 %)
Otras	9	0.83 (0.2 %)	10	0.33 (0.1 %)	9	0.33 (0.1 %)
Interjet ³	5	32.33 (8 %)	8	7.08 (2 %)	10	0 (0 %)
Totales		405.74 (100 %)		381.7 (100 %)		432.82 (100 %)

Notas: ¹Cantidades en miles de toneladas y entre paréntesis su porcentaje respecto al total de cada año.

²Con datos hasta noviembre de 2021. ³Interjet suspendió operaciones desde el 11 de diciembre 2020.

Fuente: Elaboración propia con información de AFAC (2020, 2021).

De acuerdo a la Tabla 1, se observa que la competencia de las aerolíneas dentro del MTAM ha estado marcada por el dominio del mercado por un agente diferente en cada uno de los años antes y durante la pandemia Covid-19. Lo que era de esperarse, durante el año 2020 hubo una disminución en el total de las toneladas transportadas, aunque para el siguiente año este total repuntaría incluso por niveles superiores de la cifra prepandemia.

Estos son los datos que se usarán para los diferentes escenarios entre las alianzas de aerolíneas, lo anterior en el entendido que no se genere una competencia desleal que impida la permanencia en el mercado de otros concesionarios o permisionarios y con el objetivo de fomentar una sana competencia como lo estipula la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) (Ley de Aviación Civil, 2021: 20),⁴

⁴ En el transporte de pasajeros, se tiene el registro del año 2013, donde las aerolíneas de bajo costo en Asia y Australia acapararon el 50% del mercado, transportando a 292 millones de pasajeros al año.

El hecho de realizar alianzas estratégicas siempre será latente ante la amenaza de entrada de nuevos competidores y evitar que algunas empresas en el ramo del transporte aéreo salgan del mercado por pérdidas económicas (Canseco González et al., 2015: 16).

Análisis de Estabilidad de Coaliciones (AEC)

En una primera parte de esta sección se exponen los principales conceptos necesarios que la teoría de juegos ofrece para analizar la dinámica de ciertos jugadores y la pertinencia de formar parte de un grupo particular dentro del juego; este tipo de tópicos se aborda desde el Análisis de Estabilidad de Coaliciones (AEC). Se comienza por estudiar lo que son los juegos cooperativos, uno de los principales índices de poder que se usan en el análisis de los mismos; después, se introduce a los juegos simples y los JMPs. Luego, en una segunda parte se presenta teoría propia a lo que se denominará Juegos en Diferencias y su índice de estabilidad, los cuales estarán definidos a partir de una variante de los JMPs previamente discutidos.

Juegos simples e índices de estabilidad existentes

Se presenta entonces la definición formal de un juego cooperativo y los índices más usuales en este tipo de juegos: el índice de Shapley y el índice de Shapley-Shubik.

Definición 1 (Juego cooperativo (Carreras et al., 1992: 108)). Un juego cooperativo es un par $\Gamma \equiv (N, v)$, donde N es un conjunto de jugadores (llamada gran coalición) y $v: 2^N \rightarrow \mathbb{R}$ es una función característica (donde 2^N denota el conjunto potencia de N) que asigna a cada coalición de jugadores un pago o valor, con $v(\emptyset) = 0$.

Es decir, en un juego cooperativo algunos jugadores hacen equipo mediante un acuerdo vinculante y reciben una recompensa en forma de pago, la cual dependerá de las reglas del juego y de la situación de cada jugador, elementos retomados en la función característica.

Definición 2 (Índice de Shapley (IS) (Gilles, 2010: 75)). Sea $\Gamma = (N, v)$ un juego cooperativo, con $N = \{1, 2, \dots, n\}$ el conjunto de jugadores y v su función característica. Denótese con $S = \{n_1, n_2, \dots, n_k\}$, $1 \leq n_j \leq n$, una coalición en N , con $n = |N|$ y $s = |S|$. El Índice de Shapley (IS) se define como:

$$S_i \equiv S_i(v) = \sum_{i \in S, S \subseteq N} \frac{(s-1)!(n-s)!}{n!} [v(S) - v(S \setminus \{i\})] = \frac{1}{n} \sum_{i \in S, S \subseteq N} \frac{1}{n-1 C_{S-1}^{s-1}} [v(S) - v(S \setminus \{i\})], \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

$$\text{donde } {}_{n-1}C_{s-1} = \binom{n-1}{s-1} = \frac{(n-1)!}{(n-s)!(s-1)!}.$$

Este índice de estabilidad otorga la misma probabilidad de ocurrencia a la formación de las coaliciones de tamaño $s = |S|$, por lo que S_i es el valor esperado de la contribución marginal del jugador i cuando todos los órdenes de formación de la coalición son igualmente probables. Como se puede observar, dicho índice depende de las combinaciones del tamaño de las diferentes coaliciones de las que el jugador i puede formar, pero sin contarse a él mismo (por ello el término ${}_{n-1}C_{s-1}$).

El índice de Shapley es más apropiado cuando todos los jugadores tienen un valor común al juzgar una propuesta.⁵

Definición 3 (Juego Cooperativo Simple (JS) (Peleg y Sudholter, 2007: 16-17)). Un Juego Cooperativo Simple o Juego Simple (JS) v es aquel donde para toda coalición $S \subseteq N$ se tiene que: i) $v(S) = 0$ o $v(S) = 1$; ii) $v(N) = 1$; y iii) $v(S) \leq v(T)$ tal que $S \subseteq T \subseteq N$.

Todo JS está determinado por la colección de coaliciones ganadoras (W), definidas por el conjunto $W = \{S \subseteq N : v(S) = 1\}$. De acuerdo a lo anterior, se tiene que: i) $N \in W$ y $\emptyset \notin W$ en todo juego v y ii) Si $S \subseteq T$ y $S \in W \Rightarrow T \in W$. Con esto último, el juego v se puede acotar a la colección de coaliciones mínimas ganadoras (W^m) definida de la siguiente manera: $W^m = \{S \subseteq W : T \in W \mid S \subseteq T\}$. La siguiente definición presenta un caso particular de un JS.

Definición 4 (Juego de Mayoría Ponderada (JMP) (Peleg y Sudholter, 2007: 17)). Un Juego de Mayoría Ponderada (JMP) es un caso particular de un juego simple. El juego v es de mayoría ponderada si existe una distribución de pesos w_1, w_2, \dots, w_n entre los jugadores y una cantidad de mayoría o cuota (q) tales que:

$$S \in W \Leftrightarrow w(S) \geq q \Leftrightarrow v(S) = 1, \text{ con: } w(S) = \sum_{i \in S} w_i, \forall S \in W \quad (2)$$

Normalmente, a un JMP se le representa como: $v \equiv [q; w_1, w_2, \dots, w_n]$. En otras palabras, un JMP es planteado cuando un equipo de jugadores requiere alcanzar o rebasar una meta propuesta (traducida en una cuota); dicha meta se puede alcanzar con un equipo donde hay algunos jugadores que no son necesarios para lograr la meta (en cuyo caso se tiene una coalición ganadora) o con jugadores donde todos son necesarios para alcanzar la cuota propuesta (en cuyo caso se tiene una coalición mínima ganadora). A continuación, se presenta al IS restringido a juegos simples.

⁵Al respecto, existen formas alternativas de representación del IS y del ISS presentados en trabajos como el de Felsenthal y Machover (1996). Al igual, existen otros índices como el índice de Banzhaf, el cual se ajusta más cuando los jugadores tienen su propio valor al juzgar una propuesta determinada (ver Sánchez, 1994: 103).

Definición 5 (Índice de Shapley-Shubik (ISS) (Carreras et al., 2003: 121)). El Índice de Shapley-Shubik (ISS) es el IS restringido a juegos simples para cada jugador i , i.e., es un índice $SS_i = S_i|_S$ con las siguientes características: i) El jugador i es nulo $\Leftrightarrow SS_i = 0 \Leftrightarrow i \notin S, \forall S \in W^m$; ii) Los jugadores i y j son equivalentes $\Leftrightarrow SS_i = SS_j \Leftrightarrow$ aparecen de manera simétrica en W^m ; y iii) Existe eficiencia $\Leftrightarrow \sum_{i=1}^n SS_i = 1$.

Juego en Diferencias (JD) y su índice de estabilidad

En esta sección se formula de manera general un Juego en Diferencias (JD) el cual es inducido por un JMP. Después, se presenta su solución y el índice de estabilidad derivado de este tipo de juegos. Se comienza por definir a un JMP donde algunos jugadores o parte de ellos, se ausentan, dando lugar a una nueva reconfiguración del juego original, modificando tanto su cuota como su distribución de pesos.

Definición 6 (Juego redefinido por ausentismo en un JMP). Sea $v = [q; w]$ un JMP con $w = (w_1, \dots, w_n)$ y donde $w_s = w_1 + \dots + w_n$. Cuando algunas partes de algunos de los jugadores $i, i = 1, \dots, n$, deciden no entrar al juego, se dirá que tales “jugadores parciales” se ausentan. Lo anterior lleva a un nuevo JMP siempre y cuando exista quórum. A dicho JMP se le denominará JMP redefinido por ausentismo el cual tendrá la siguiente forma:

$$\bar{v} = [\bar{q}, \bar{w}], \text{ con } \bar{w} = w \setminus \{a_i w_i\}, \quad 0 < a_i \leq 1, \quad (3)$$

donde $w \setminus \{a_i w_i\}$ quiere decir que no se toma en cuenta la parte de los pesos de los jugadores i ausentes. Por su parte, \bar{q} es la cuota correspondiente al considerar los pesos en \bar{w} ; dicha cuota debe representar el mismo porcentaje que q representa con respecto a w_s del juego original. Si $a_i = 1, \forall i$ que se ausenta, se dirá que el ausentismo es grupal (o total); si $0 < a_i < 1, \forall i$ que se ausenta, se dirá que el ausentismo es parcial puro.

No es difícil convencerse que al heredar \bar{v} las propiedades de v , se tenga que \bar{v} también sea un JMP.

Para abundar más acerca de la definición anterior, así como otro tipo de juegos como lo son los juegos redefinidos por abstencionismo en un JMP y del mismo JD presentado más adelante, puede verse Larios Ferrer (2022). Además, para conocer el papel del ausentismo y abstencionismo dentro de un JMP pueden consultarse las proposiciones en Larios Ferrer y Ávila Pozos (2022), donde se demuestra que, bajo ciertas condiciones, el ausentismo juega en pro de la coalición ganadora (CG) y el abstencionismo lo hace en contra de dicha coalición.

Formulación del JD

Para la formulación de los Juegos en Diferencias (JDs) es necesario considerar, aparte del ausentismo (AU), el concepto de traición entre los diferentes jugadores. El concepto de traición es necesario definirlo por su importancia en el desarrollo de los distintos juegos, pues sin este concepto no se podrían conectar algunos conjuntos, como los que están a favor (AF) de cierta alianza y en contra (EC) de la misma. Sea AU_{AF} el conjunto de los jugadores ausentes que están a favor y sea AU_{EC} el conjunto de los jugadores ausentes que están en contra.⁶ Se pretende saber hasta qué periodo t , $AF_t \in W$ en su respectivo juego redefinido.

Dicho lo anterior, se define de manera formal lo que en adelante se referirá como Juego en Diferencias inducido por un JMP o simplemente como JD.

Definición 7 (Juego en Diferencias (JD)). Sea $v = \langle N, q, w \rangle$ un JMP. Un Juego en Diferencias v_{JD} inducido por v , o simplemente Juego en Diferencias (JD), es una bina formada por $\langle S, v \rangle$, donde S es un sistema lineal autónomo de Ecuaciones en Diferencias (EED) de la siguiente forma:

$$x(n) = Ax(n - 1), \quad n = 1, 2, \dots, \quad (4)$$

donde A es una matriz cuadrada no singular y donde el JD se gana si la coalición ganadora en v es tal que se mantiene ganadora hasta antes de un periodo p con $1 \leq p \leq p^*$ donde p^* es un periodo umbral o periodo crítico.⁷ Si $p = 0$ se dirá que el JD es nulo, en caso contrario, se referirá al JD como no nulo. Cuando no se especifique, se asumirá que el JD es no nulo.

A continuación, se muestra la definición de un JD redefinido por ausentismo,⁸ donde se piden algunas condiciones relacionadas con el vector $x(n)$.

Definición 8 (JD redefinido por ausentismo). Sea $v = \langle N, q, w \rangle$ un JMP redefinido por ausentismo. Al JD v_{JD} inducido por v se le llamará JD redefinido por ausentismo no nulo o simplemente JD redefinido por ausentismo siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones: i) la cuota de ganancia q en cada periodo p del JD no debe tomar en cuenta a los jugadores grupales ausentes del vector $x(p)$; ii) el conjunto de jugadores no ausentes en $x(p)$ en cada periodo p donde se gana el JD, debe rebasar la cuota de quórum de v , la cual será la misma para todos los periodos del JD; iii) todas las entradas del

⁶ Para ver la discusión completa acerca de este concepto se recomienda ver Larios Ferrer (2022: 466-468).

⁷ La definición de tal periodo crítico dependerá del contexto de cada JD particular.

⁸ En el trabajo de Larios Ferrer (2022) se presenta de manera análoga lo que es un JD redefinido por abstencionismo, así como su respectiva solución.

vector $x(p)$ deben ser no negativas en cada periodo p del JD; cuando esto no suceda, el JD debe terminar, no importando que se tenga ganado el JMP v para ese periodo.

Solución y estabilidad del JD

En este apartado se presenta la solución de un JD con ayuda del algoritmo de Putzer, misma que se extiende para un JD redefinido por ausentismo. Al final, con dicha solución, se presenta un índice propio de estabilidad y su grado de estabilidad.

Definición 9 (Solución de un JD general). Sea v_{JD} un JD (no nulo) inducido por un JMP v . Sea S el sistema lineal autónomo de EED de v_{JD} con $n_0 = 0$, el cual tiene la siguiente forma:

$$x(n) = Ax(n - 1), \quad n = 1, 2, \dots$$

La solución del JD está dada por: $x(n) = A^n x_0$, donde x_0 es el estado inicial del JD y A^n está determinada con base al algoritmo de Putzer.⁹

Enseguida se muestra la solución del juego redefinido por ausentismo.

Definición 10 (Solución de un JD redefinido por ausentismo). Sea v_{JD} un JD (no nulo) inducido por un JMP redefinido por ausentismo $v = \langle N, q, w \rangle$. La solución de v_{JD} está dada por la Definición 9, donde q y $x(p)$ cumplen con las condiciones impuestas del JD redefinido por ausentismo (Definición 8) en cada periodo p en que se gane el JD.

Con todo lo anterior se define finalmente un índice de estabilidad propio, el cual es derivado de un JD inducido por un JMP particular.

Definición 11 (Índice de estabilidad derivado de un JD). Sea v_{JD} un JD inducido por un JMP particular v (redefinido por ausentismo, por ejemplo). Se define al Índice de estabilidad derivado de un JD de la siguiente manera:

$$\varepsilon(p) = \begin{cases} 1, & \text{si } p \geq p^* \\ p/p^*, & \text{si } p < p^* \end{cases} \quad (5)$$

donde p es el periodo donde se gana el JD de manera consecutiva y es tal que cumple con las condiciones impuestas por el JMP particular v y donde p^* es el umbral crítico del JD, donde $p^* \geq 1$.

Para complementar lo anterior, se presenta la clasificación de estabilidad de dicho índice.

⁹ Dicho algoritmo utiliza el teorema de Cayley-Hamilton, el cual establece que una matriz satisface su ecuación característica, de forma esencial, es decir, que todo endomorfismo de un espacio vectorial de dimensión finita sobre un cuerpo cualquiera anula su propio polinomio característico. Dicho teorema y el algoritmo de Putzer (caso discreto) pueden verse con detalle en Elaydi (2010: 118-120).

Definición 12 (Grado de estabilidad del JD). Sea v_{JD} un JD inducido por un JMP particular v . Sean p y p^* como en la Definición 11. El grado de estabilidad del JD estará dado por su índice de estabilidad ε de la siguiente manera:

$$JD = \begin{cases} \text{es estable,} & \text{si } \varepsilon(p) = 1 \\ \text{es semiestable,} & \text{si } 0.5 < \varepsilon(p) < 1 \\ \text{es inestable,} & \text{si } 0 \leq \varepsilon(p) < 0.5. \end{cases} \quad (6)$$

Más aún, se hablará de semiestabilidad débil a medida que ε se acerque a 0.5 y semiestabilidad fuerte conforme ε se acerque a 1; lo mismo aplica para la estabilidad, donde será fuerte si $p > p^*$ y débil si $p = p^*$.

La definición formal de JD, junto con su solución e índice de estabilidad (incluyendo su clasificación) se usarán en el planteamiento de algunos juegos en la siguiente sección.

Análisis de estabilidad de coaliciones dentro del MTAM en México

En esta parte del trabajo, se analiza el poder de decisión de las principales aerolíneas mexicanas dentro del MTAM, las coaliciones que podrían tener el control del mercado y su estabilidad durante un determinado periodo de tiempo. La forma en que se procede es como sigue: se usa la información de la Tabla 1 presentada en la primera sección, donde cada una de las 10 aerolíneas mexicanas se considera un jugador cuyo peso es la cantidad de mercancías trasladadas a lo largo de los años 2019, 2020 y 2021;¹⁰ como cuota de mayoría se propone usar una mayoría simple de dicho mercado.¹¹ Con la teoría expuesta en la segunda sección y el uso de simulaciones en Scilab, se procede al cálculo de Coaliciones Ganadoras (CGs), Coaliciones Mínimas Ganadoras (CMGs) y los índices de poder de las aerolíneas en una primera parte y en una segunda parte se presentan algunos escenarios de estabilidad con los JDs.

¹⁰ Se considera a “Otras” aerolíneas como un solo jugador.

¹¹ A la fecha, no hay un consenso sobre un tipo ni un nivel de umbral para definir la dominancia en este mercado. La LFCE considera la “influencia” (poder sustancial) del agente de acuerdo con su participación en el mercado, y con base a su facultad de fijar precios, limitar insumos, entre otras más. Es decir, reconoce que la participación de mercado es relevante pero no define un umbral, sino que se debe valorar caso por caso. Cabe mencionar que, en el mercado de Telecom, la Ley de Radiodifusión y Telecomunicaciones establece un umbral del 50 % para determinar que un agente es preponderante.

Análisis con el ISS y con cada JMP

Con la información presentada en la Tabla 1, siguiendo la numeración de las aerolíneas mexicanas expuestas en dicha tabla y con cuotas de mayoría del 50 %, ¹² se presentan los JMPs para los años 2019, 2020 y 2021 en la Tabla 2, 3 y 4, respectivamente.

En dichas tablas se exponen las coaliciones que las aerolíneas mexicanas pueden formar con el fin de tener una mejor posición en este mercado particular de transporte. Se presentan de manera específica las coaliciones que ofrecen soluciones efectivas del juego, es decir, donde se toman en cuenta los casos donde existen CMGs.

Respecto a los resultados de las CMGs en las tres tablas, se comenta lo siguiente: en negrita se ponen las CMGs más “ajustadas”, ajustadas en el sentido que se considera a las aerolíneas más pequeñas; con sombra en gris se presentan las CMGs donde se prescinde de las principales aerolíneas; y, finalmente, en negrita y sombreadas en gris se exponen las CMGs más ajustadas y donde se prescinde de las principales empresas analizadas.

Tabla 2
 Resumen de simulaciones del JMP generado por las aerolíneas mexicanas en el MTAM con datos del 2019.

JMP: $v = [202.87; 124.88, 73.67, 57.81, 46.75, 32.33, 30.36, 19.73, 19.30, 0.83, 0.08]$		
Tamaño de la coalición	Número de CGs	Número de CMGs y coaliciones minimales ¹
$s = 3$	10	10 en total. Éstas son: $W^m = \left((1,2,3), (1,2,4), (1,2,5), (1,2,6), (1,2,7), (1,2,8), (1,3,4), (1,3,5), (1,3,6), (1,4,5) \right)$
$s = 4$	56	9 en total. Éstas son: $W^m = \left((1,3,7,8), (1,3,7,9), (1,4,6,7), (1,4,6,8), (1,4,7,8), (1,5,6,7), (1,5,6,8), (2,3,4,5), (2,3,4,6) \right)$
$s = 5$	126	5 en total. Éstas son: $W^m = \left((1,3,8,9,10), (1,4,6,9,10), (2,3,4,7,8), (2,3,5,6,7), (2,3,5,6,8) \right)$
$s = 6$	154	7 en total. Éstas son: $W^m = \left((2,3,5,7,8,9), (2,3,5,7,8,10), (2,4,5,6,7,8), (2,4,5,6,7,9), (2,4,5,6,7,10), (2,4,5,6,8,9), (3,4,5,6,7,8) \right)$
Total de coaliciones ($3 \leq s \leq 10$) ²	512	31

Notas: ¹El número del jugador va en correspondencia con la información del año 2019 presentada en la Tabla 1, es decir, donde los 10 jugadores que participan son: 1) Grupo Aeroméxico (con 124.88 toneladas), 2) Aerión (con 73.67 toneladas), y así sucesivamente hasta llegar a 10) Viva Aerobus (con 0.08

¹² Obtenida como la mitad de las mercancías transportadas por las aerolíneas en los diferentes años de la Tabla 1.

toneladas). ²En el caso de las CGs, en el total están consideradas las coaliciones de tamaño mayor o igual que siete.

Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo la Tabla 2, el tamaño mínimo de una CG es de tres aerolíneas mexicanas y su tamaño máximo es de 10 (la gran coalición). Se observó, un gran número de CGs (512 en total) donde 10 son de tamaño tres y 154 son de tamaño seis. Estas CGs representan las diferentes maneras de obtener un cierto dominio del MTAM por parte de las aerolíneas mexicanas, aunque no de manera minimal, es decir aún puede haber exclusión de algunas aerolíneas y rebasar la cuota de dominio del mercado en el traslado de mercancías.

Con respecto a las CMGs, se encontró que el tamaño mínimo de las mismas es de tres aerolíneas mexicanas y las cuales coinciden con las 10 CGs del mismo tamaño; el tamaño máximo de una CMG es de seis aerolíneas. El total de CMGs es de 31, donde tienen participación tanto las aerolíneas de mayor y de menor capacidad de carga. Con este tipo de coaliciones se puede tomar las soluciones más efectivas para obtener dominancia en este mercado particular.¹³ Por la importancia de este tipo de coaliciones, se hacen algunos comentarios de algunas CMGs presentadas en la tercera columna de la Tabla 2.

De las CMGs de tamaño tres, todas toman a la aerolínea principal (Aeroméxico) y sólo en cuatro de las 10 se queda fuera la segunda principal empresa (Aerounión). Las coaliciones más ajustadas son Grupo Aeroméxico+Aerounión+MCS Aerocarga de México y las dos primeras aerolíneas más Volaris.

Respecto a las CMGs de tamaño cuatro, hay una coalición más ajustada la cual es formada por Grupo Aeroméxico+ Mas Air+ MCS Aerocarga de México+Otras, es decir donde las aerolíneas más pequeñas podrían participar y que son representadas por estas últimas. Además, con este tamaño, existen dos coaliciones donde se prescinde de la empresa dominante; estas alianzas son: Aerounión+ Mas Air+ Aeronaves TSM+ Interjet o Estafeta.

Finalmente, entre las CMGs de tamaño cinco y seis, existen siete coaliciones ajustadas donde aparecen los jugadores 9 (Otras) y/o 10 (Viva Aerobus). Adicionalmente, existe una CMG de tamaño seis conformada por Mas Air, Aeronaves TSM, Interjet, Estafeta, MCS Aerocarga de México y Volaris, la cual deja fuera a las dos principales aerolíneas analizadas.

Por otro lado, durante el año 2020, primer año de la pandemia Covid-19, se obtuvieron resultados parecidos al año 2019 respecto a las CGs; donde sí hubo cambios notorios fue en lo concerniente a las CMGs. Se encontró que el tamaño de las 18 CMGs puede ser de tres, cuatro y seis y

¹³ Dominancia en el sentido de que se alcanza al menos un 50 % del traslado de mercancías dentro del MTAM y que con ello se tengan las ventajas ya mencionadas con anterioridad, entre ellas, la de una posible reducción en sus costos de operación. Lo anterior podría ir en contra de lo que las instituciones reguladoras proponen, sin embargo, no se debe olvidar que sólo se está trabajando con una parte del mercado total del transporte aéreo de mercancías y donde se analizan precisamente los casos donde el conjunto de aerolíneas rebasa por muy poco al 50 % del submercado al trabajar principalmente con las CMGs.

que de éstas: dos son ajustadas, cuatro prescinden de las principales aerolíneas y una más cumple con este doble papel (ajustada y que prescinde de las dos empresas dominantes) y que es conformada por Grupo Aeroméxico, Aeronaves TSM, MCS Aerocarga de México, Volaris, Interjet y Viva Aerobus. Esta última CMG es la única de tamaño seis y la única de 160 CGs del mismo tamaño con esta doble peculiaridad (ver la Tabla 3).

Tabla 3
 Resumen de simulaciones del JMP generado por las aerolíneas mexicanas en el MTAM con datos del 2020.

JMP: $v = [190.85; 80.85, 79.46, 71.54, 50.56, 44.74, 28.37, 16.21, 7.08, 2.56, 0.33]$		
Tamaño de la coalición	Número de CGs	Número de CMGs y coaliciones minimales ¹
$s = 3$	7	7 en total. Éstas son: $W^m = ((1,2,3), (1,2,4), (1,2,5), (1,3,4), (1,3,5), (2,3,4), (2,3,5))$
$s = 4$	50	10 en total. Éstas son: $W^m = ((1,2,6,7), (1,2,6,8), (1,2,6,9), (1,3,6,7), (1,4,5,6), (1,4,5,7), (2,3,6,7), (2,4,5,6), (3,4,5,6), (3,4,5,7))$
$s = 6$	160	1 en total. Ésta es: $W^m = ((3,4,5,7,8,9))$
Total de coaliciones $(3 \leq s \leq 10)^2$	512	18

Notas: ¹El número del jugador v va en correspondencia con la información del año 2020 presentada en la Tabla 1, es decir, donde los 10 jugadores que participan son: 1) Aerounión (con 80.85 toneladas), 2) Mas Air (con 79.46 toneladas), y así sucesivamente hasta llegar a 10) Otras (con 0.33 toneladas). ²En el caso de las CGs, en el total están consideradas las coaliciones de tamaño cinco y de tamaño mayor o igual que siete.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, durante el año 2021, segundo año de la pandemia Covid-19, el número de CGs disminuyó a la mitad con respecto a los dos años anteriores. Debido a la salida de Interjet en este mercado durante dicho año, el número de CGs pasó de 512 a 256, repartidas entre los tamaños tres y nueve.

Respecto al número y tipo de CMGs, prácticamente se mantuvo en número y tipo respecto a lo obtenido para el año 2020. Se halló que el tamaño de las 19 CMGs puede ser de tres, cuatro y cinco y que de éstas: dos son ajustadas, dos prescinden de las principales aerolíneas y dos más cumplen con este doble objetivo, donde la de menor tamaño está conformada por Grupo Aeroméxico, Aeronaves TSM, MCS Aerocarga de México y Viva Aerobus (ver la Tabla 4).

Tabla 4

Resumen de simulaciones del JMP generado por las aerolíneas mexicanas en el MTAM con datos del 2021.

JMP: $v = [216.41; 95.40, 92.13, 71.07, 65.45, 51.50, 31.87, 18.91, 6.16, 0.33]$		
Tamaño de la coalición	Número de CGs	Número de CMGs y coaliciones minimales ¹
$s = 3$	7	7 en total. Éstas son: $W^m = ((1,2,3), (1,2,4), (1,2,5), (1,2,6), (1,3,4), (1,3,5), (2,3,4))$
$s = 4$	42	10 en total. Éstas son: $W^m = ((1,3,6,7), (1,4,5,6), (1,4,5,7), (1,4,5,8), (2,3,5,6), (2,3,5,7), (2,3,5,8), (2,4,5,6), (2,4,5,7), (3,4,5,6))$
$s = 5$	84	2 en total. Éstas son: $W^m = ((1,4,6,7,8), (2,3,6,7,8))$
Total de coaliciones ($3 \leq s \leq 9$) ²	256	19

Notas: ¹El número del jugador va en correspondencia con la información del año 2021 presentada en la Tabla 1, es decir, donde los nueve jugadores que participan son: 1) Mas Air (con 95.4 toneladas), 2) Grupo Aeroméxico (con 92.13 toneladas), y así sucesivamente hasta llegar a 9) Otras (con 0.33 toneladas). ²En el caso de las CGs, en el total están consideradas las coaliciones de tamaño mayor o igual que seis.

Fuente: Elaboración propia.

Respecto al ISS, en la Tabla 5 se puede ver el poder de decisión de cada una de las aerolíneas mexicanas de acuerdo a dicho índice. En dicha tabla se sombrea en color gris las aerolíneas con mayor poder de decisión en el MTAM en sus respectivos años y en negrita los casos donde las aerolíneas tienen el mismo poder a pesar de tener diferente capacidad de carga. Se puede observar que, durante el año 2019, Grupo Aeroméxico tenía más de una tercera parte de dicho poder al tener un 36.19 % del poder de decisión; que durante el año 2020 Mas Air y Aerounión compartían el mismo poder de mercado con un 22.06 % de poder; sin embargo, para 2021 sería la primera empresa la que mantendría dicha posición con un 24.29 %. Para el año de 2020, existieron casos donde las empresas de transporte aéreo tenían diferente capacidad de carga y contaban con el mismo poder de decisión: Aeronaves TSM y MCS Aerocarga de México, ambas con un 13.25 % y el caso de Viva Aerobus e Interjet con tan sólo el 0.4 %.

Tabla 5
 Comparación del ISS de las aerolíneas mexicanas en el MTAM, para los años del 2019, 2020 y 2021.

	Empresa aeronáutica	ISS		
		2019	2020	2021
1.	Mas Air	0.1302	0.2206	0.2429
2.	Grupo Aeroméxico	0.3619	0.1992	0.2095
3.	Aeronaves TSM	0.1040	0.1325	0.1762
4.	Aerounión	0.1579	0.2206	0.1429
5.	MCS Aerocarga de México	0.0413	0.1325	0.1238
6.	Estafeta	0.0706	0.0540	0.0619
7.	Volaris	0.0373	0.0325	0.0286
8.	Viva Aerobus	0.0032	0.0040	0.0143
9.	Otras	0.0071	0.0000	0.0000
10.	Interjet	0.0865	0.0040	NP ²
Suma ¹		1	1	1

Nota: ¹La suma del total es 1 si se toma en cuenta todos los decimales. ²No participa en el juego.
 Fuente: Elaboración propia.

Análisis de estabilidad coalicional con el JD

En este apartado se presentan casos de aplicación de los JDs tomando en cuenta algunas suposiciones para su desarrollo y donde para cada JD planteado se obtiene como resultado un cierto grado de estabilidad de la estructura coalicional inicial. Se presentan tres escenarios: un no cooperativo, uno semi-cooperativo y uno cooperativo.¹⁴

El análisis con los JDs es pertinente para analizar la capacidad de carga de mercancías por parte de las aerolíneas a lo largo de cierto periodo de tiempo. En estos JDs es importante estudiar el ausentismo para tomar en cuenta la ausencia de algunas aerolíneas por falta de mercado debido a la COVID-19, donde los conjuntos pueden ser descritos como sigue: *AF* como la alianza relacionada con alguna CMG en particular, la cual representa la alianza de aerolíneas con el control de mercado; *EC* como la alianza donde se encuentran las aerolíneas de la competencia y que busca quitar el control de mercado a la CMG; *AU_AF* como el grupo de aerolíneas ausentes y que pudieran contribuir a la CMG; y, *AU_EC* como el conjunto de aerolíneas ausentes y que pudieran hacer contrapeso a la CMG.

En todos los casos, se supone un Quórum del 75 %, una cuota de mayoría del 50 % y un periodo umbral $p^* = 12$, aludiendo a que se desea mantener la capacidad de carga al menos durante un año (12

¹⁴ El número de escenarios es bastante amplio. Se presentan casos representativos para mostrar la aplicación de la teoría desarrollada respecto a los JDs y sus correspondientes índices de estabilidad.

meses) y conservar así el dominio en el MTAM.¹⁵ Con estas suposiciones, se presentan a continuación algunos escenarios.

Escenario no cooperativo

Se trata al conjunto AF con base a la CMG (3,4,5,6) del año 2021, es decir con la alianza formada por Aeronaves TSM, Aerounión, MCS Aerocarga de México y Estafeta. Por otro lado, se supone que el conjunto EC es representado por el resto de las aerolíneas que no están en la CMG anterior, donde los grupos ausentes son tomados del primer año de pandemia Covid-19, es decir del 2020. Así, con base a la información de la Tabla 1 se tienen las siguientes condiciones iniciales: $\pi_0 = (af_0, au_{AF0}, au_{EC0}, ec_0) = (204.52, 15.37, 35.75, 177.18)$ y $N_0 = 432.82$. Para fines de comparación, se usarán estas condiciones iniciales en los demás escenarios.

Así, con los coeficientes arriba señalados y las tasas de transición derivadas de la información de la Tabla 1, se obtuvo el diagrama de la Figura 2.¹⁶ Se observó una tasa de retorno baja en el conjunto AF, una tasa de retorno más alta en el conjunto EC, así como una tasa alta de ausencia en la CMG y despreciable en la alianza opositora.

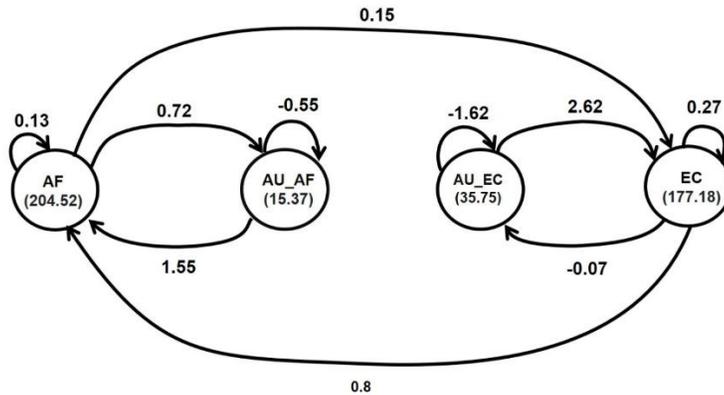


Figura 2. Diagrama de transición de un caso de inestabilidad coalicional.
 Fuente: Elaboración propia con información de AFAC (2020, 2021).

¹⁵ Se decide por esta periodicidad ya que los reportes que hace la AFAC son de manera mensual. Estos datos son discutibles y se pueden modificar tanto como se requiera para un estudio más a modo.

¹⁶ Algunas transiciones son calculadas con base a años anteriores y otras más, por falta de información, son propuestas para discutir los escenarios correspondientes.

Con los parámetros de la Figura 2 se tiene el sistema (7) del JD redefinido por ausentismo:

$$\begin{aligned} af_{t+1} &= 0.13af_t + 1.55au_{AFt} + 0.8ec_t \\ au_{AFt+1} &= 0.72af_t - 0.55au_{AFt} \\ au_{ECT+1} &= -0.07ec_t - 1.62au_{ECT} \\ ec_{t+1} &= 0.15af_t + 0.27ec_t + 2.62au_{ECT}, t = 1, 2, \dots, \end{aligned} \tag{7}$$

Usando la Definición 10 acerca de la solución para un JD redefinido por ausentismo, siguiendo el algoritmo de *Putzer*¹⁷ y programando todo ello en *Scilab* se obtuvo que el número de periodos consecutivos en los que la coalición *AF* es ganadora en este JD es de $p = 1$ y que su índice de estabilidad es $\epsilon = 0.0833$ (por Definición 11). Lo anterior se traduce, según la Definición 12, que este JD redefinido por ausentismo particular es inestable.¹⁸

Escenario semi-cooperativo

Con las mismas condiciones iniciales del escenario anterior, suponiendo una tasa de retorno más alta en el conjunto *AF*, una tasa relativamente nula del conjunto *AF* a *EC* y las otras transiciones propuestas en el diagrama de la Figura 3, se puede llegar a un sistema de ecuaciones en diferencias del JD como el formulado en el sistema (1) del primer escenario.

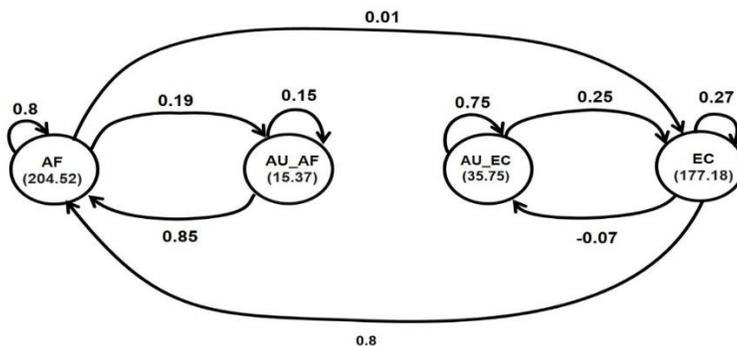


Figura 3. Diagrama de transición de un caso de semiestabilidad coalicional.
 Fuente: Elaboración propia con información de AFAC (2020, 2021).

¹⁷ Para éste y los demás problemas aquí presentados, el algoritmo de Putzer es aplicable ya que las matrices derivadas de los sistemas de ecuaciones en diferencias de cada uno de los JDs además de ser reales y cuadradas de orden cuatro (cumpliendo las condiciones del Teorema de Cayley-Hamilton) son matrices no singulares, es decir su determinante es diferente de cero. Lo anterior sustenta teóricamente los resultados aquí presentados.

¹⁸ La estabilidad de este índice no es comparable con el ISS ya que ahora se trabaja con la estabilidad en las coaliciones a lo largo de varios periodos y no de un jugador en particular durante un solo periodo.

Se encontró para este caso que el número de periodos consecutivos en los que la coalición AF es ganadora es de seis meses, es decir, $p = 6$. Ello indica que el índice de estabilidad es $\epsilon = 0.5$. De acuerdo a la Definición 12, con este nivel de estabilidad se obtiene un JD semi-estable.

Escenario cooperativo

Para este último escenario, se usan las mismas condiciones iniciales de los primeros escenarios y prácticamente las mismas tasas de retorno del escenario semi-cooperativo. Se pone únicamente una tasa ligeramente más alta del conjunto EC al conjunto AU_{EC} y una tasa más pequeña del primer conjunto al estado AF (ver diagrama de la Figura 4). Con lo anterior se puede obtener un sistema del JD análogo al presentado en el escenario no cooperativo.

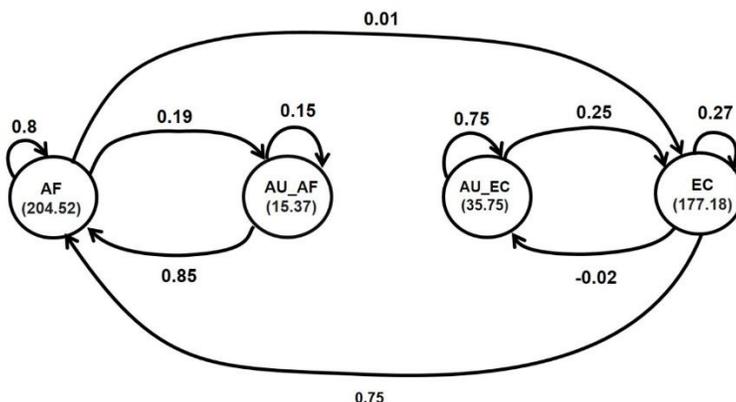


Figura 4. Diagrama de transición de un caso de estabilidad coalicional fuerte.
 Fuente: Elaboración propia con información de AFAC (2020, 2021).

Para este caso se obtuvo que el número de periodos consecutivos en los que la coalición AF es ganadora es de 14 meses ($p = 14$). Lo anterior indica que el índice de estabilidad es $\epsilon = 1$ y que se podría contar con un nivel de estabilidad fuerte.

Por último, en la Tabla 6 se presenta un cuadro resumen con la clasificación de las CMGs dentro del MTAM para el año 2021 usando los parámetros de este último escenario. Cabe mencionar que algunas CMGs no fueron estables debido a que, entre otras razones, aunque la coalición era ganadora en el año 2021, era no ganadora en el año 2020. Lo anterior habla de una CMG no estable desde un principio, ya sea por la falta de participación de las aerolíneas en la CMG o por su ausencia en el mercado.

Tabla 6
 Clasificación de las CMGs dentro del MTAM para el año 2021.

Tamaño de la CMG	CMG			Total de CMGs
	No estable	Semi-estable	Estable	
3	(1,2,3), (1,2,5), (1,2,6), (1,3,5)	-	(1,2,4), (1,3,4), (2,3,4)	7
4	(1,3,6,7), (2,3,5,6), (2,3,5,7), (2,3,5,8)	-	(1,4,5,6), (1,4,5,7), (1,4,5,8), (2,4,5,6), (2,4,5,7), (3,4,5,6)	10
5	(2,3,6,7,8)	-	(1,4,6,7,8)	2
Total de CMGs	9	0	10	19

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Este trabajo permitió realizar un análisis de la estabilidad de coaliciones de las aerolíneas mexicanas que operan en el MTAM antes y durante la Covid-19, años 2019 y 2020-2021, respectivamente, haciendo uso de la teoría de juegos cooperativos y simulaciones implementadas en Scilab.

Se encontró que existe una gran cantidad y diversidad de maneras que las aerolíneas mexicanas tienen para formar parte de un grupo dominante en el MTAM, donde los grupos pequeños pueden tener relevancia. Además, se encuentra que la estabilidad de las alianzas depende de la solidez de la misma y de sus condiciones iniciales. Hay una configuración distinta de dicho mercado antes y después de la Covid-19 y ello se refleja, aunque no de manera directa, en el poder de decisión dado por el ISS de las empresas en este giro. En el largo plazo, se encontró que no todas las coaliciones ganadoras minimales ofrecen estabilidad en este mercado.

De manera específica, en las Tablas 2, 3 y 4 se presentaron datos sobre las CGs para los años 2019, 2020 y 2021, respectivamente. Se verificó que existe un gran número de maneras de llegar o rebasar a la cuota de mayoría: 512 CGs para los años 2019 y 2020 y sólo la mitad de estas coaliciones para el año 2021 debido a la salida de Interjet en este mercado. Sin embargo, para fines de efectividad y de ser lo más apegado a lo que se exige por organismos gubernamentales, se puede enfocar solamente en las CMGs.

El número de CMGs fueron 31, 18 y 19 para los años 2019, 2020 y 2021, respectivamente; resultó interesante que a pesar de disminuir a la mitad las CGs para el año 2021 respecto al 2020, esta reducción no se vio reflejada en las CMGs. En las tablas ya citadas se puede ver que el tamaño de las CMGs puede ir de tres a seis para los años 2019 y 2020 (sin coaliciones de tamaño cinco para el 2020) y de tres a cinco para el segundo año de pandemia. Se refleja así la gran diversidad de alianzas posibles para obtener las ventajas que ofrece ser parte de un grupo de empresas dominantes en dicho mercado antes o

durante la pandemia Covid-19, por ejemplo, mediante el control parcial en la oferta de dichos servicios de carga, ya sea vía precio o vía cantidad. Este tipo de alianzas son plausibles siempre y cuando se respeten las limitantes legales y se lleven a cabo las autorizaciones correspondientes señaladas por la COFECE (Ambriz Villalpa, 2015).

Además, en las Tablas 2, 3 y 4 se presentaron algunas CMGs muy peculiares en su estructura para los años 2019, 2020 y 2021, respectivamente. Se pudieron observar las CMGs más ajustadas donde se toma en cuenta a las aerolíneas más pequeñas, las CMGs donde se prescindir de las principales aerolíneas y aquellas que cumplieran con estas dos características. Respecto a estas últimas coaliciones, no se encontró ninguna para el año prepandemia (año 2019) y dos en los años de pandemia Covid-19 (una para 2020 y otra para 2021). Lo anterior conlleva a pensar que es posible que las aerolíneas mexicanas con menor capacidad de carga puedan hacer coaliciones entre ellas y llegar a tener un control parcial del MTAM, ello sin tener que tomar en cuenta a las principales aerolíneas mexicanas de dicho mercado. Al formar parte de estas CMGs se pueden tener las ventajas de economía de escala mencionadas en COFECE (2018), al tiempo que se sigue lo planteado por la misma SCT en EFE (2008).

Por otro lado, con respecto al ISS mostrado en la Tabla 5, los resultados obtenidos muestran una concentración por arriba del 63 % del poder de decisión entre las tres principales aerolíneas del MTAM durante los tres años. La concentración fue más marcada en tiempos prepandemia donde Grupo Aeroméxico contaba con poco más del 36 % de poder de decisión. Para el primer año de pandemia, tanto Aerounión y Mas Air serían las principales empresas ambas con el mismo poder del 22 % y para el segundo año de pandemia, sería esta última aerolínea la que se quedaría como aerolínea principal con más del 24 % de poder de decisión. El tener una buena posición de mercado radica por lo regular en un buen nivel de poder de decisión, aunque no de manera directa como se mostró en los casos del año 2020.

Respecto al índice de estabilidad derivado de los JD desarrollados, se hace notar la importancia que tiene mantener unida la alianza entre las diferentes aerolíneas y así mantener un dominio del mercado por varios periodos de tiempo. Los escenarios presentados en el trabajo muestran que un escenario cooperativo entre las aerolíneas conlleva a tener estabilidad a lo largo de varios meses, algo que no se lograría con un escenario semi-cooperativo o no cooperativo. Esto último fue precisamente lo que pasó en tiempos de la Covid-19, donde hubo ausencia por parte de algunas aerolíneas, quizás por falta de mercado.

Por último, en la Tabla 6 se presentaron los resultados de las simulaciones realizadas para todas las CMGs obtenidas para el segundo año de pandemia y donde para el cálculo de las condiciones iniciales se tomó en cuenta las ausencias durante el primer año de la Covid-19. Lo que se encontró es que no todas las coaliciones ofrecen una estabilidad a lo largo del tiempo, ya que sólo 10 de las 19 CMGs lograron mantener un control de mercado por más de un año. Esto sugiere pensar muy bien con quien formar una

alianza, cuidando que sea fiel a la coalición, que no recurra a la ausencia en sus servicios de manera recurrente y que peor aún, de vez en cuando se alfe con la competencia.

Dado que no se encontró en la literatura algún trabajo que aplicara la teoría de juegos para analizar este tipo de mercados se pueden sugerir las siguientes implicaciones teóricas: primero, se pueden realizar actualizaciones en el análisis de este mercado y en el caso del JD con datos más reales a los que se supusieron; segundo, se puede realizar este tipo de análisis para mercados análogos al aquí analizado; tercero, a este tipo de estudios se pueden incorporar otros valores coalicionales como lo es el Valor Coalicional de Owen donde se toma en cuenta el poder de decisión intercoalicional (Carreras et al., 1992); y cuarto, los resultados aquí expuestos se pueden comparar con otras técnicas con las que se analiza la estabilidad de coaliciones como lo es el core (Gillies, 1953; Scarf, 1967), el nucleolus (Schmeidler, 1969), el alpha-core y el beta-core (Aumann, 1961), equilibrios relacionados a amenazas (Mohr, 1988; Moreno-Okuno, 2022), entre otros.

En la práctica, realizar esta clase de estudios permite conocer los posibles escenarios donde una coalición de aerolíneas mexicanas puede tener un control parcial del MTAM. Este tipo de estudios, con un análisis más robusto, podría ayudar a los empresarios a modificar su estado en dicho mercado, donde conozcan las diferentes maneras que tienen para formar parte de una alianza dominante y su posible duración de dominio en el mercado. Además, es importante saber las posibles alianzas para tener las ventajas que ello conlleva y llegar a nuevos puntos de carga en los actuales y futuros aeropuertos dentro y fuera del país como lo es el reciente AIFA.¹⁹

Por otra parte, al gobierno le puede brindar información para que en determinado momento pueda evitar que un grupo de aerolíneas tome determinado control del MTAM. Con base a su capacidad de carga en conjunto de una coalición de aerolíneas y el análisis de otras coaliciones, el gobierno mediante sus distintas dependencias como la SCT y la COFECE, puede tomar decisiones de cuotas por fusión o adquisición o, simplemente, negar los permisos de dichas alianzas.

La principal limitación de este trabajo está en el número de aerolíneas estudiadas. El hecho de analizar sólo a las aerolíneas mexicanas del MTAM radicó, en parte, a la gran cantidad de cálculos necesarios y por ende de tiempo para correr las simulaciones en Scilab. Así mismo, se carecen de datos reales en algunas transiciones de los estados involucrados en los JDs planteados, pero que en un estudio más robusto pueden ser obtenidas con precisión.

¹⁹ Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, el cual inició operaciones en marzo de 2022. Este aeropuerto está ubicado en la Zona metropolitana del valle de México y cuya terminal de carga se pronostica como un “hub estratégico” en el mediano plazo.

Referencias

- Ambriz Villalpa, J. L. (2015). Guía para la notificación de Concentraciones. Disponible en: https://www.cofece.mx/wp-content/uploads/2017/12/guia-0042015_not_concentraciones.pdf. Consultado: 25/05/2022
- Agencia Federal de Aviación Civil-AFAC. (2020). Indicadores de la Aviación Mexicana. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/652032/ind_ene_dic_2020-18022021.pdf. Consultado: 20/06/2022
- Agencia Federal de Aviación Civil-AFAC. (2021). Indicadores de la Aviación Mexicana. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/691339/ind-aviacion-aereo-nov-040122.pdf>. Consultado: 20/06/2022
- Larios Ferrer, J. L. (2022). Estabilidad e inestabilidad políticas en las LXII y LXIV Legislaturas mexicanas, desde la perspectiva de la teoría de juegos. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 67(244), 457-495. <https://doi.org/10.22201/fcpys.2448492xe.2022.244.72754>
- Larios Ferrer, J. L. y Ávila Pozos, R. (2022). Juegos de mayoría ponderada redefinidos por ausentismo y abstencionismo: definición y su aplicación a la LXII y LXIV legislaturas mexicanas. *Pädi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, 10(Especial), 117-126. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial.8350>
- Aumann, R. J. (1961). The core of a cooperative game without side payments. *Transactions of the American Mathematical Society*, 98(3), 539-552. <https://doi.org/10.1090/s0002-9947-1961-0127437-2>
- Canseco González, A. D., Zúñiga Alcaraz, C. y Blanco Martínez, L. (2015). Análisis estratégico sobre el desarrollo de las líneas aéreas de bajo costo en México. *Revista Electrónica Nova Scientia*, 17(15), 343-363. <https://doi.org/10.21640/ns.v7i15.311>
- Carreras, F., Amer, R. y Magaña, A. (2003). Juegos simples e índice de poder de Shapley-Shubik. *Revista de estudios políticos (Nueva Época)*, julio-septiembre (121), 107-136. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=740725>. Consultado: 11/01/2022
- Carreras, F., García-Jurado, I. y Pacios, M. A. (1992). Estudio coalicional de los parlamentos autonómicos españoles de régimen común. Documento de Trabajo 92-13 (Serie de Economía 08), 1-21. Disponible en: <https://www.cepc.gob.es/sites/default/files/2021-12/16838repne082160.pdf>. Consultado: 12/01/2022
- Carrilo, J. (21 de mayo de 2019). Interjet firma nueva alianza, ahora con Qatar Airways. Recuperado el 01 de noviembre de 2022 de: <https://www.revistaneo.com/articles/2019/05/21/interjet-firma-nueva-alianza-ahora-con-qatar-airways>

- Comisión Federal de Competencia Económica-COFECE. (2018). El procedimiento de concentraciones. Disponible en: <https://www.cofece.mx/wp-content/uploads/2018/05/2elprocedconcentraciones.pdf>. Consultado: 28/05/2022
- EFE (31 de julio de 2008). Gobierno plantea fusión de aerolíneas mexicanas. La República. Recuperado el 30 de noviembre de 2022 de <https://www.larepublica.net/noticia/gobierno-plantea-fusion-de-aerolineas-mexicanas>
- Elaydi, S. (2010). *An Introduction to Difference Equations* (3rd Ed.). San Antonio: Springer.
- Felsenthal, D. S. y Machover, M. (1996). Alternative Forms of the Shapley Value and the Shapley-Shubik Index. *Springer*, 87(3), 315-318. <https://doi.org/10.1007/bf00118651>
- Gillies, D. B. (1953). *Some Theorems on n-Person Games*. Princeton: Princeton University.
- Gilles, R. P. (2010). *The Cooperative Game Theory of Networks and Hierarchies*. Nueva York: Springer.
- Joskow, P. L. y Noll, R. G. (1999). Regulación económica. Desregulación y reforma regulatoria durante la década de los ochenta. Working Paper 175, Departamento de Economía - Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en: <http://files.pucp.edu.pe/departamento/economia/DDD175.pdf>. Consultado: 30/05/2022
- Ley de aviación civil (2021). *Diario Oficial de la Federación*. Disponible en: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/25_200521.pdf. Consultado: 07/06/2022
- Liligo (s.f.). Alianzas aéreas: fundada por 4 de las compañías más grandes del mundo, Aeroméxico, Air France, Delta Airlines, KLM y Korean Air. Recuperado el 29 de octubre de 2022 de <https://www.liligo.es/magazine-viajes/alianzas-aereas>
- Mohr, E. (1988). On the Incredibility of Perfect Threats in Repeated Games: Note. *International Economic Review*, 29(3), 551-555. <https://doi.org/10.2307/2526798>
- Moreno-Okuno, A. T. (2022). A note on fair threats and promises. *Estudios Económicos*, 37(1), 171-198. <https://doi.org/10.24201/ee.v37i1.429>
- Peleg, B. y Sudholter, P. (2007). *Introduction to the Theory of Cooperative Games* (2nd Ed.). Berlin: Springer.
- Rico Galeana, O. (2010). Potencial de la distancia de viaje como distribución espacial del transporte mexicano. *Revista Transporte y Territorio*, enero-junio (2), 6-17. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=333027080002>. Consultado: 15/08/2022
- Sánchez, S. F. (1994). *Introducción a la matemática de los juegos*. México: Siglo XXI Editores.
- Sánchez Ugarte, F., Kate Thielen, A. T., Alba Iduñate, P. G., Heftye Etienne, F., Alberro Semerena, J. L., Yépez García, R. A., García Rocha, A., Meléndez Barrón, J., Negrín Muñoz, J. L., O'Dogherty Madrazo, P., González Pier, E., González Hernández, A., Peña Baca, H., Tovar Landa, R. y Estrada González, E. (2004). *Competencia Económica*. Disponible en:

<https://www.cofece.mx/wp-content/uploads/2018/05/COMPETENCIA-ECONOMICA-EN-MEXICO.pdf>. Consultado: 03/06/2022

Scarf, H. E. (1967). The Core of an N Person Game. *Econometrica*, 35(1), 50–69.
<https://doi.org/10.2307/1909383>

Schmeidler, D. (1969). The Nucleolus of a characteristic function game. *Siam Journal of Applied Mathematics*, 17(6), 1163- 1170. <https://doi.org/10.1137/0117107>