



Método gráfico para evaluar la utilización de autos en flotas de arrendamiento

Graphical approach for classifying cars utilization in rental fleets

Laksmi Penabad-Sanz^I, Pedro A. Rodríguez-Ramos^{I,*}, Arsenio M. Iznaga-Benítez^I, Pablo F. Llanes-Yera^{II}, Bryan R. Sosa-Quiroz^{III}

I. Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría, Centro de Estudios en Ingeniería de Mantenimiento, CEIM. La Habana. Cuba.

II. Grupo Empresarial TRANSTUR. La Habana, Cuba.

III. Metrocar - Consesionario Chevrolet. Manabí. Ecuador.

*Autor de correspondencia: parr@mecanica.cujae.edu.cu

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 internacional](#)



Recibido: 2 de julio de 2022 Aceptado: 20 de agosto de 2022

Resumen

Los nomogramas son instrumentos que facilitan la interpretación del cálculo numérico, a partir de la representación gráfica de ecuaciones con un nivel práctico de precisión. El presente artículo tuvo como objetivo presentar el nomograma denominado Gráfico de Estado de la Racionalidad, (concebido por los autores) y su empleo para clasificar el nivel de racionalidad con que se usan los vehículos. El nomograma permitió simplificar la evaluación práctica y periódica de los vehículos. En la investigación se efectuó el análisis de autos en flotas de arrendamiento atendiendo a varios criterios. La flota se segmentó en bloques homogéneos de acuerdo al modelo de auto, la

temporada y el tiempo en explotación. Finalmente, se constató que la influencia en el impacto económico negativo del tiempo inactivo de los vehículos es mayor que la del tiempo fuera de servicio, lo que es contrario al criterio generalmente aceptado en el que, el mantenimiento es la causa fundamental de la irracionalidad en el uso de los vehículos e indica la necesidad de tomar decisiones asociadas a la función de operaciones.

Palabras claves: nomogramas, Gráfico de Estado de la Racionalidad, autos en flotas de arrendamiento.

Abstract

Nomograms are instruments that facilitate the interpretation of numerical calculation, based on the graphic representation of equations with a practical level of precision. This article aims to show the nomogram called Graphic of State of Rationality, conceived by the authors and its use, for classifying the degree of rationality of the use of vehicles. The Nomogram allows simplifying the practical and periodic evaluation of vehicles. In the investigation, the analysis of lease fleets was carried out according to several criteria. The fleet was segmented in homogeneous blocks according to the car model, the season and the time in exploitation. Finally,

it was defined that the influence on the negative economic impact of the inactive time of vehicles is greater than that the time out of service, which is contrary to the generally accepted criteria in which, maintenance is the fundamental cause of irrationality in the use of vehicles and indicates the need of decision -making associated with the operations function.

Key words: nomograms, Graphic of State of Rationality, lease fleets.

Cómo citar este artículo:

Penabad Sanz L, Rodríguez Ramos PA, Iznaga Benítez AM, Llanes Yera PF, Sosa Quiroz BR. Método gráfico para la clasificación del nivel de racionalidad del uso de autos en flotas de arrendamiento. Ingeniería Mecánica. 2022;25(3):652. ISSN 1815-5944.

1. Introducción

El uso que se hace de las flotas de transporte está directamente relacionado con el resultado económico de las empresas operadoras de estas. La valoración del uso de los medios de transporte se realiza a través de la utilización, una de las tres formas primarias de evaluar el desempeño. Entre las actividades a las que se dedica

la gestión flotas, las relacionadas con la medición, monitoreo, y reporte de la utilización de los vehículos deben constituir la mayor parte [1].

Una de las dimensiones en las que se evalúa la utilización de los vehículos es la dimensión tiempo (además de la capacidad de carga y el recorrido [2]). La desagregación del tiempo del vehículo al evaluar la utilización de estos es una de las formas de identificación de oportunidades de mejora en la utilización. Entre los criterios de desagregación se han empleado las actividades del vehículo [2], las actividades del chofer [3] o la estructura de la jornada de trabajo [4]. No obstante, la evaluación del indicador utilización respecto a un valor de referencia es la forma más común de evaluar el uso de vehículos en flotas de transporte. En esta dirección, Penabad Sanz, et al [5] relacionaron matemáticamente la utilización de los vehículos de transporte de carga, expresada en tiempo trabajado, con el impacto en el resultado económico de la empresa y se evalúa el uso de los vehículos clasificándolos de acuerdo a este impacto. El trabajo se extendió posteriormente a flotas de arrendamiento validándose las expresiones matemáticas para este tipo de servicio. También se incorporó a la evaluación de los vehículos la subclasificación del impacto desfavorable en el resultado económico de acuerdo a la influencia del tiempo sin trabajar [6], todo por la vía analítica.

La vía gráfica es otra de las formas de hallar soluciones a problemas numéricos. Los nomogramas son instrumentos que facilitan el cálculo numérico a partir de la representación gráfica de ecuaciones con un nivel práctico de precisión [7]. Han sido ampliamente utilizados en la ingeniería para tomar decisiones rápidamente en situaciones prácticas mediante la interpolación visual de las variables [7]. A pesar de que el acceso a las computadoras y el desarrollo de sistemas informáticos han reducido la necesidad de emplearlos [8], estos instrumentos todavía conservan su valor para resolver problemas prácticos, sobre todo en presencia de obsolescencia de software, ausencia o pobre acceso a los sistemas de comunicación, carencia de suministro eléctrico y otras circunstancias similares [9].

Particularmente en la operación y mantenimiento de flotas de transporte aún se emplean los nomogramas. Por ejemplo, Sahu y Pani [10] proponen el empleo de nomogramas como instrumentos de planificación a partir de la estimación de los flujos de carga, Kravchenko, Gura y Dernovoy [11] en la optimización de rutas, así como en la formación del conjunto óptimo de máquinas para enfrentar diversas tareas en la construcción de carreteras. Levedevas y Čepaitis [12] emplean nomogramas para la conversión de motores diésel en motores duales diésel-gas natural.

De lo anteriormente expuesto, a partir de la revisión bibliográfica realizada, se aprecia que algunos aspectos para resolver problemas prácticos, particularmente en la operación y mantenimiento de flotas de transporte, están siendo investigados aún, pues no todo se ha desarrollado totalmente, además, existe poca información sobre este tema.

Por tanto, el presente artículo tiene como objetivo presentar el nomograma denominado Gráfico de Estado de la Racionalidad (GER) y su empleo para clasificar el nivel de racionalidad con que se usan los vehículos en flotas de arrendamiento. El nomograma GER representa gráficamente las expresiones matemáticas empleadas en el método propuesto por Penabad Sanz et al. [6] y simplifica la evaluación práctica y periódica de los vehículos, lo que facilita la identificación de oportunidades de mejoras relacionadas con la operación y mantenimiento de estos en flotas de arrendamiento.

2. Métodos y Materiales

2.1. Gráfico de Estado de la Racionalidad en el uso de las flotas de arrendamiento

El Gráfico de Estado de la Racionalidad (GER) en el uso de las flotas de arrendamiento es un nomograma diseñado para la clasificación de la utilización de los vehículos respecto al impacto del uso de los vehículos en el resultado económico de la empresa operadora de la flota. El gráfico relaciona el coeficiente de utilización (α_u) con el indicador disponibilidad (α_t) y el coeficiente de salida (α_s), que a su vez, según Millo Carmenate et. al. [15], se relacionan matemáticamente a través de la ecuación (1)

$$\alpha_u = \alpha_t \cdot \alpha_s \quad (1)$$

α_t es un indicador que muestra la proporción del tiempo del vehículo en el que se encuentra disponible mientras que α_s muestra la proporción del tiempo disponible del vehículo en el cual trabaja. Ambos indicadores tienen significado físico en el rango de valores [0;1].

La figura 1 muestra el GER. En él, la evaluación de los vehículos se realiza en tres categorías o clases, en dependencia de la ubicación en el nomograma del par coordenado ($\alpha_s; \alpha_t$).

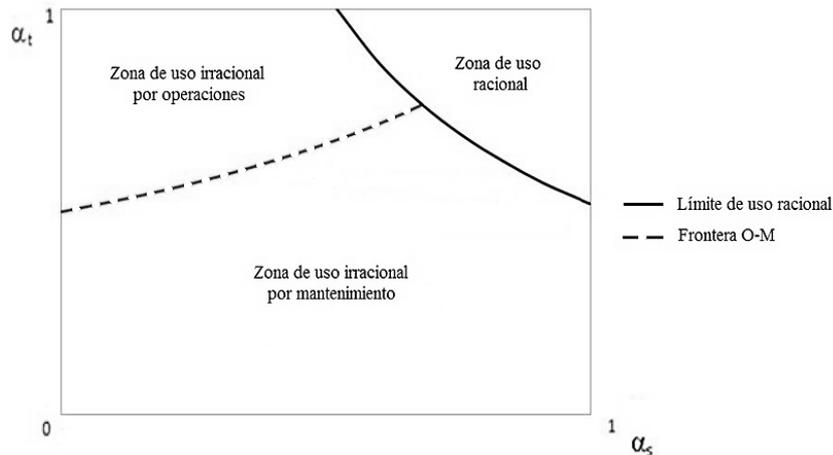


Fig. 1. Gráfico de estado de la racionalidad. Fuente: autores

La clase uso racional se ubica en la zona de uso racional e indica que el impacto del uso del vehículo en el resultado económico de la empresa es favorable. Es decir, que el beneficio económico por el tiempo trabajado es mayor o igual que la afectación económica que se produce por el tiempo sin trabajar [5]. En contraposición, un vehículo que se ubica fuera de esta zona se clasifica con uso irracional y significa que el uso del vehículo impacta desfavorablemente en el resultado económico de la empresa. O lo que es igual, el beneficio económico por el tiempo trabajado es menor que la afectación económica que se produce por el tiempo sin trabajar. El límite entre estas dos zonas está dado por el límite de uso racional, representado en el gráfico por el trazo continuo. La expresión matemática del límite, aplicada a flotas de arrendamiento [6] se muestra a continuación, ecuación (1):

$$\alpha_{t_{LIM}} = \frac{b}{\alpha_s(a+b)} \quad \forall \alpha_s \in \left[\frac{b}{a+b}, 1 \right] \quad (1)$$

Donde:

$\alpha_{t_{LIM}}$: disponibilidad límite que representa el equilibrio entre los beneficios económicos por el trabajo del vehículo y las afectaciones económica por el tiempo sin trabajar.

α_s : variable independiente

a : beneficio generado por el trabajo del vehículo en la unidad de tiempo. Al considerar el día como unidad de tiempo, de acuerdo con [6], este parámetro en flotas de arrendamiento se calcula según la ecuación (3).

b : afectación económica por no trabajar en la unidad de tiempo. Al igual que a , la afectación económica de vehículos en arrendamiento, tomando el día como unidad de tiempo se calcula según las ecuación (4), [6]:

$$a = I_d - v \cdot l_{t_d} - F_d \quad (3)$$

$$b = I_d - v \cdot l_{t_d} + F_d \quad (4)$$

Donde:

I_d : ingreso medio diario del vehículo, \$/d.

v : costo variable unitario de la explotación del vehículo, \$/km.

l_{t_d} : distancia media diaria recorrida por el vehículo, km/d.

F_d : gastos fijos diarios del vehículo, \$/d.

La clase uso irracional se subdivide en las clases uso irracional por operaciones y uso irracional por mantenimiento de acuerdo a la ubicación de los vehículos en las zonas respectivas de igual nombre, ver figura 1. El límite entre estas zonas del gráfico se denomina frontera O-M y está representada en la figura 1 por la curva de trazo discontinuo. La ecuación (5) representa matemáticamente este límite.

$$\alpha_{t_{O-M}} = \frac{1}{2 - \alpha_s} \quad \forall \alpha_s \in \left[0, \frac{2b}{a+2b} \right] \quad (5)$$

Donde $\alpha_{t_{O-M}}$ es la disponibilidad para la cual se cumple que el tiempo inactivo del vehículo es igual al tiempo fuera de servicio. Se obtuvo al expresar esta igualdad en términos de α_t y α_s . El límite superior de la frontera O-M $\left(\frac{2b}{a+2b}\right)$ representa la intercepción entre esta y el límite de uso racional.

La evaluación del vehículo a través del GER se realiza al ubicarlo en el gráfico. La ubicación de un vehículo X en el GER se corresponde con el punto dado por la coordenadas $(\alpha_{s_X}; \alpha_{t_X})$. Estos valores se obtienen de las ecuaciones (6) y (7).

$$\alpha_{t_X} = \frac{D_{p_X} - D_{fs_X}}{D_{p_X}} \quad (6)$$

$$\alpha_{s_X} = \frac{D_{t_X}}{D_{p_X} - D_{fs_X}} \quad (7)$$

Donde:

α_{s_X} : coeficiente de salida del vehículo X.

α_{t_X} : disponibilidad del vehículo X.

D_{p_X} : cantidad de días del periodo analizado que el vehículo X permaneció en la flota (d).

D_{fs_X} : cantidad de días fuera de servicio del vehículo X en el periodo analizado (d).

D_{t_X} : cantidad de días trabajados del vehículo X en el periodo analizado (d).

2.2. Aplicación del GER

El GER se aplicó a una flota de arrendamiento de 662 autos de 14 modelos. La muestra estudiada estuvo conformada por los autos de los modelos con 50 o más vehículos. La composición de la muestra estudiada se muestra en la tabla 1. Los vehículos permanecen en la flota por dos años. Además, en cada año se distinguen dos temporadas (alta y baja) en las que varía la demanda de arrendamiento, lo que influye en el uso que se hace de los autos y los precios.

Tabla 1. Composición de la flota estudiada. Fuente: Los autores

Marca	Modelo	Código de identificación	1er año de explotación		2do año de explotación	
			Temporada alta	Temporada baja	Temporada alta	Temporada baja
Geely	CK	A			120	99
Kia	Picanto	B	87	172		
Kia	Rio	C	50	56	61	57
Renault	Scala	F		126		

Atendiendo a estos criterios, la flota se segmentó en bloques homogéneos de acuerdo al modelo de auto, la temporada y el tiempo en explotación. Para identificar cada bloque se empleó la codificación siguiente: el modelo de auto se identificó con una letra del alfabeto; el tiempo en explotación se identificó con un número arábigo correspondiente al año en explotación y finalmente, la temporada se representó con una A para la temporada alta y una B para la temporada baja. Por ejemplo, el bloque C1A agrupa los autos del modelo C en su primer año de explotación en la temporada alta.

Luego se calcularon los parámetros a y b de cada bloque a partir de los datos económicos, de operación y mantenimiento, con lo que se obtiene la función de $\alpha_{t_{LIM}}$. También se calcularon los α_s y α_t de cada auto en cada bloque. Finalmente, se construyeron los gráficos y se ubicaron las coordenadas $(\alpha_s; \alpha_t)$ correspondientes con lo que se clasificó cada auto del bloque según su ubicación.

3. Resultados y Discusión

La tabla 2 muestra la distribución de los autos en los bloques según la segmentación de la flota realizada de acuerdo a los criterios: modelo de vehículo, año en explotación y temporada. Se obtuvieron 9 bloques con 828 observaciones. Igualmente se muestran en esta tabla los valores de los parámetros de la función $\alpha_{t,LIM}$ de cada bloque.

Tabla 2. Parámetros de la función $\alpha_{t,LIM}$. Fuente: autores

Bloque	Cantidad	I_d \$/d	V \$/km	$I_{t,d}$ km/d	F_d \$/d	a \$/d	b \$/d	$\frac{b}{(a+b)}$
A2A	120	39,72	0,0125	172,98	7,15	30,40	44,71	0,5952
A2B	99	34,12	0,0144	115,56	7,15	25,31	39,61	0,6101
B1A	87	56,77	0,0126	135,37	10,58	44,47	65,63	0,5961
B1B	172	42,20	0,0138	126,04	10,58	29,88	51,05	0,6308
C1A	50	72,35	0,0143	150,92	14,53	55,66	84,72	0,6035
C1B	56	62,97	0,0146	208,59	14,53	45,39	74,45	0,6213
C2A	61	56,30	0,0181	152,97	14,53	39,00	68,06	0,6357
C2B	57	49,80	0,0187	156,36	14,53	32,34	61,41	0,6550
F1B	126	57,80	0,0160	174,57	16,30	38,71	71,31	0,6482

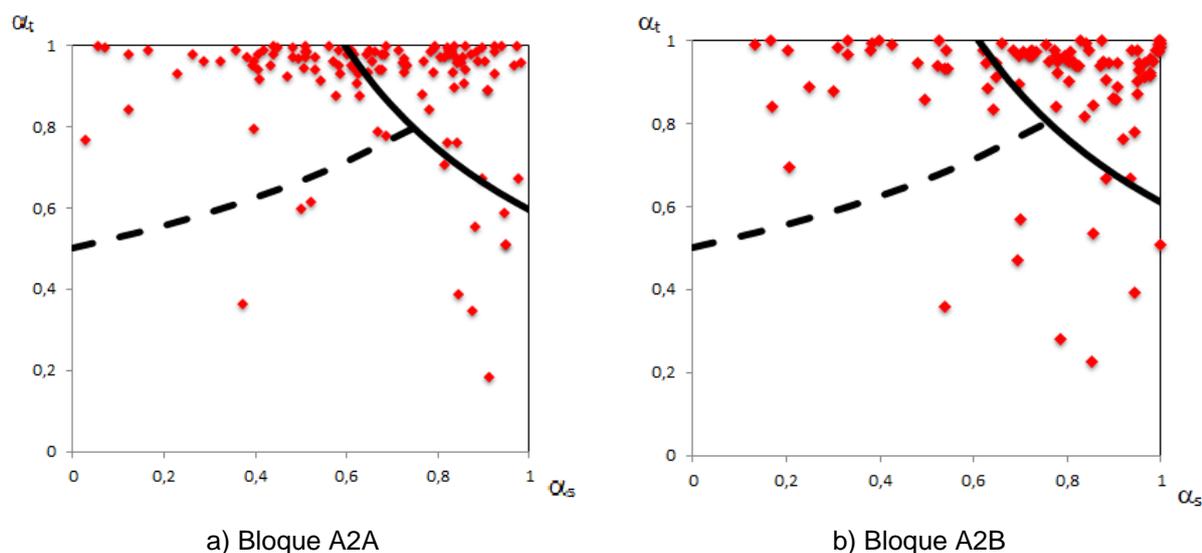
La distribución de las observaciones por bloque de la tabla 1 muestra que el 59,30 % corresponde a observaciones realizadas en vehículos en su primer año de explotación y el 38,40 % a la temporada alta.

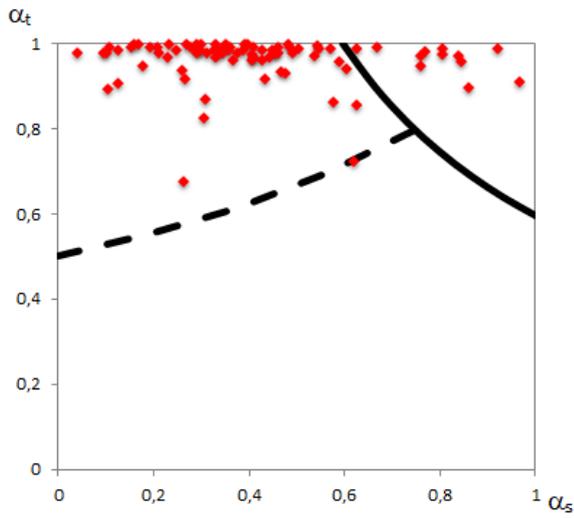
Las diferencias que se aprecian entre las cantidades de autos de los bloques pertenecientes a un mismo modelo están dadas por el comportamiento de la entrada y salida de vehículos a la flota. Esto se produce por distintas causas como las bajas debidas a accidentes que provocan daños irreparables en los autos o la entrada de nuevos lotes de autos.

Respecto a los parámetros de $\alpha_{t,LIM}$ se aprecia que existen diferencias en los ingresos medios diarios de los bloques entre temporadas, lo que justifica la segmentación considerando este criterio. El cálculo de los parámetros a y b muestra que los beneficios que se generan por la explotación de un vehículo en la flota de arrendamiento oscila entre \$ 25,31 y \$ 45,39 al día mientras que las afectaciones alcanzan entre los \$ 39,61 y \$ 84,72 al día. En todos los bloques $b > a$, lo que significa que el impacto en el resultado económico por no trabajar es superior al que se obtiene por trabajar. Ello se debe a la inclusión del costo de oportunidad en el cálculo de las afectaciones económicas por el tiempo sin trabajar, tal y como se explica en [5].

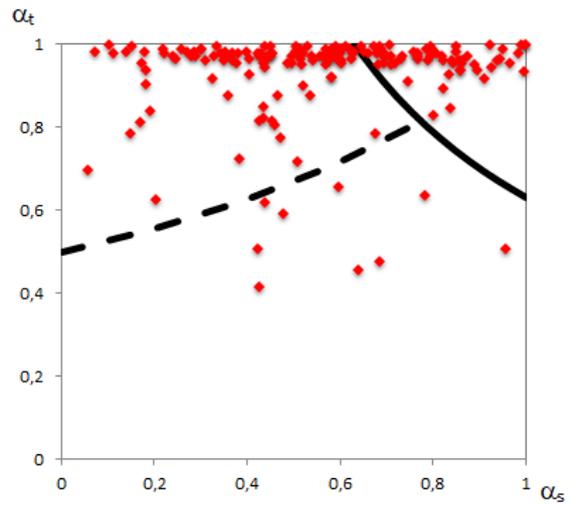
El coeficiente de la función $\alpha_{t,LIM}$ constituye el coeficiente de utilización límite para cada bloque. O sea, el valor de la utilización de los vehículos del bloque que representa el equilibrio entre los impactos favorables y desfavorables en el resultado económico. Se encuentran entre un 0,58 y 0,65 por tanto no se aprecian variaciones significativas entre el mayor y menor valor obtenido (10 %). No obstante, en todos los casos, el límite de utilización obtenido es ligeramente superior en la temporada baja respecto a la temporada alta.

A partir de los datos de la tabla 1 se obtuvieron los nomogramas de la figura 2. Además, se ubicaron los vehículos en los respectivos nomogramas.

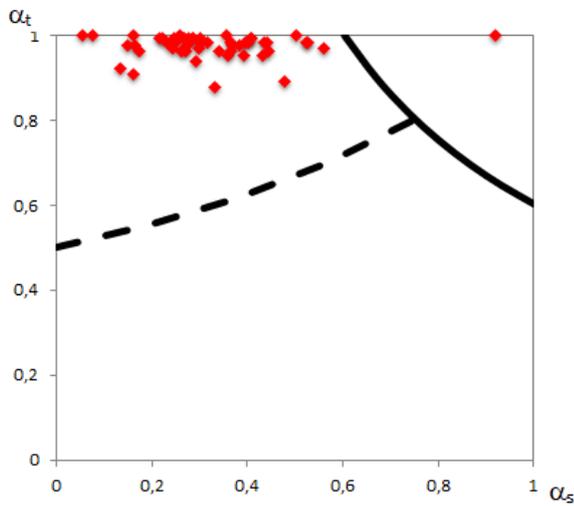




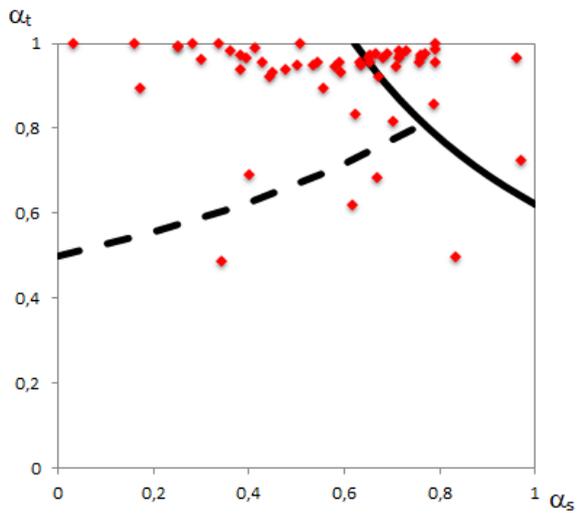
c) Bloque B1A



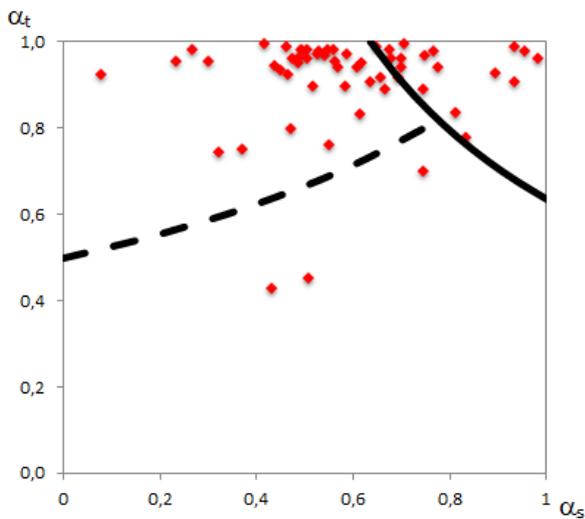
d) Bloque B1B



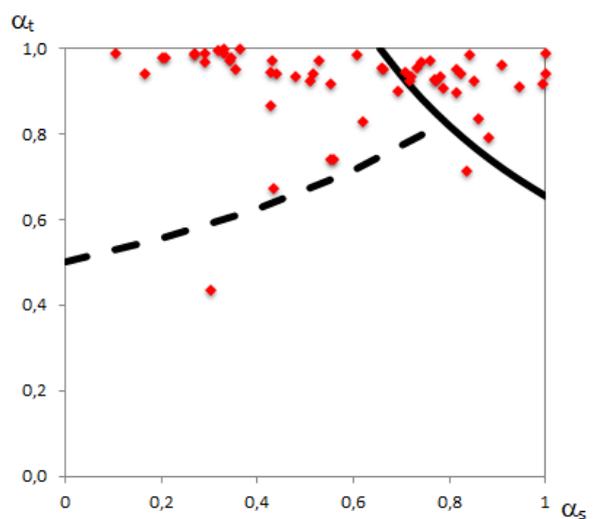
e) Bloque C1A



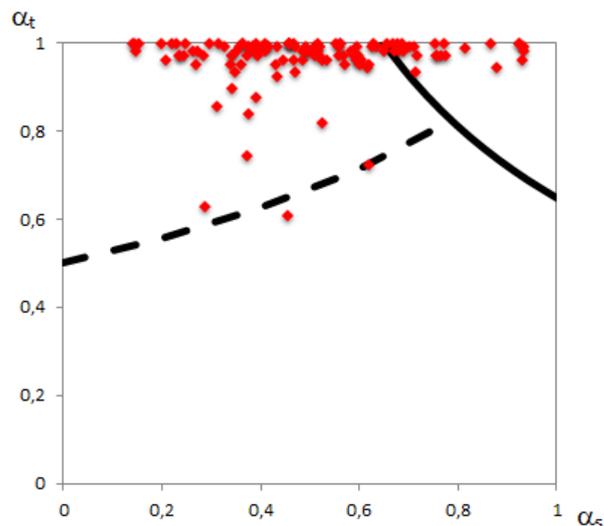
f) Bloque C1B



g) Bloque C2A



h) Bloque C2A



i) Bloque F1B

Fig. 2. GER de los bloques. Fuente: autores

Como se puede observar en la figura 2, en todos los bloques prevalece el uso irracional de los vehículos pues la mayoría se encuentra a la izquierda del límite de uso racional. Ello significa que la mayoría de los vehículos impacta negativamente en el resultado económico de la empresa. Del mismo modo, la mayoría de los vehículos que se clasifican con uso irracional, se subclasifican en irracional por operaciones. Ello supone que la influencia en el impacto económico negativo del tiempo inactivo de los vehículos es mayor que la del tiempo fuera de servicio, lo que es contrario al criterio generalmente aceptado en el que el mantenimiento es la causa fundamental de la irracionalidad en el uso de los vehículos e indica la presencia de situaciones de toma de decisión asociadas a la función de operaciones.

Al comparar los gráficos de los bloques correspondientes a la temporada alta con los de la temporada baja se observa que prevalece la irracionalidad por operaciones en la temporada alta lo que es contradictorio pues en la temporada alta se incrementa la demanda de arrendamiento lo que debería mejorar la utilización de los vehículos y como consecuencia, el impacto económico. También sugiere la existencia de situaciones de toma de decisión asociadas con la función operaciones.

En general, el uso del GER simplifica la clasificación de los autos de cada bloque, pues una vez obtenido el nomograma solo es necesario ubicar en este los pares coordenados correspondientes. De esta manera el uso de los vehículos en la flota puede ser evaluado periódicamente. También facilita el reconocimiento de patrones de comportamiento en diferentes niveles de agregación de la flota e identificar situaciones de toma de decisiones que constituyen oportunidades de mejora en el uso de estos que contribuyan al incremento del resultado económico de la empresa. Si bien cuando el bloque es numeroso podría dificultarse la cuantificación de los vehículos en cada clase, tal y como puede constatarse en los nomogramas de la figura 2, el reconocimiento de patrones o la identificación de tendencias grupales contrarias a lo esperado puede ser de valor para los decisores. El empleo combinado de las vías analítica (como en es el caso de [6]) y gráfica en la evaluación del uso de los vehículos permitiría aprovechar las potencialidades de cada una en la identificación de oportunidades de mejora.

Las bondades del empleo del nomograma Gráfico de Estado de la Racionalidad indican que, puede hacerse extensivo al análisis a otras flotas de vehículos, para evaluar la utilización de los vehículos y, de igual manera, detectar oportunidades de mejora.

Conclusiones

Se demostró que el nomograma Gráfico de Estado de la Racionalidad (GER), permite clasificar la utilización de los vehículos de acuerdo al impacto en el resultado económico. Asimismo, se constató que, la influencia en el impacto económico negativo del tiempo inactivo, de los vehículos analizados, es mayor que la del tiempo fuera de servicio, lo que es contrario al criterio generalmente aceptado que plantea que el mantenimiento es la causa fundamental de la irracionalidad en el uso de los vehículos, por tanto, la toma de decisión estará asociada a la función de operaciones.

Referencias

1. Mirheli A, Tajalli M, Mohebifard R, Hajibabai L, Hajba-baie A. Utilization management of highway operations equipment. *Transportation Research Record*. 2020;2674(9):202-15.
2. McKinnon A. Performance measurement in freight transport: Review of a government-sponsored programme. *Benchmarking: An International Journal*. 2009;16(5):640-56.
3. Lu F, Cheah L. Applying Gamification to Freight Surveys: Understanding Singapore Truck Drivers' Preferences. In: *City Logistics 3: Towards Sustainable and Liveable Cities*. Singapore, Republic of Singapore: ISTE Ltd y John Wiley & Sons, Inc.; 2018.
4. Elizalde Rodríguez D, Valdés Hernández PA, Matos Ramírez N, Delgado González D. Operation Indicators in Milk Collection

- Trucks in Jimaguayu, Sibanicu and Vertientes. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 2017;26(4):56-66.
5. Penabad Sanz L, Iznaga Benítez AM, Rodríguez Ramos PA. Valor límite del indicador: utilización de vehículos de transporte de carga por carretera. *Ingeniería Industrial*. 2018;XXXIX(3):291-302.
 6. Penabad Sanz L, Rodríguez Ramos PA, Iznaga Benítez AM, Llanes Yera PF. Monitoreo de la degradación de autos en flotas de arrendamiento. *Universidad y Sociedad*. 2022;14 (4):341-9.
 7. Jalali A, Alvarez Iglesias A, Roshan D, Newell J. Visualising statistical models using dynamic nomograms. *PLoS ONE*. 2019;14(11):e0225253.
 8. Escribano Benito JJ. La nomografía: una ciencia olvidada. *Revista de didáctica de las matemáticas*. 2003; 54:41-49.
 9. Glasser L, Doerfler R. A Brief Introduction to Nomography: Graphical Representation of Mathematical Relationships. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. 2019;50(8):1273-84.
 10. Sahu PK, Pani A. Freight generation and geographical effects: modelling freight needs of establishments in developing economies and analyzing their geographical disparities. *Transportation*. 2020;47:2873-2902. <https://doi.org/10.1007/s11116-019-09995-5>
 11. Kravchenko AE, Gura DA, Dernovoy AY. Passenger transport service market functioning and development management in urban agglomerations based on integrated approach. *Amazonia Investiga*. 2018;7(13):331-50.
 12. Lebedevas S, Čepaitis T. Parametric analysis of the combustion cycle of a diesel engine for operation on natural gas. *Sustainability*. 2021;13:2773.
 13. Millo Carmenate V, Fuentes Vega JR, Pérez Gálvez R, Angulo Bennett E. Gestión de los indicadores del grado de disposición y de consumo de combustible en una flota de ómnibus YUTONG ZK-6120. *Universidad y Sociedad*. 2019;11(3):315-21..

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Contribución de los autores

Laksmi Penabad Sanz. <https://orcid.org/0000-0001-9106-2087>

Participó en el diseño de la investigación y en la revisión de la investigación bibliográfica. Trabajó en la recolección y el procesamiento de los datos para la investigación. Realizó contribuciones en los cálculos, el análisis e interpretación de los datos y en el análisis de los resultados. Participó en la revisión crítica del contenido, en la redacción y aprobación del trabajo final

Pedro A. Rodríguez Ramos. <https://orcid.org/0000-0003-2862-0984>

Realizó contribuciones en los cálculos, el análisis e interpretación de los datos y en el análisis de los resultados. Participó en la revisión crítica del contenido, en la redacción y aprobación del trabajo final

Arsenio Miguel Iznaga Benítez. <https://orcid.org/0000-0001-6409-9044>

Trabajó en , el análisis e interpretación de los datos y en el análisis de los resultados Participó en la revisión crítica del contenido, en la redacción y aprobación del trabajo final.

Pablo Francisco Llanes Yera. <https://orcid.org/0000-0002-6063-3251>

Realizó contribuciones en los cálculos, el análisis e interpretación de los datos. Participó en la revisión crítica del contenido, en la redacción y aprobación del trabajo final.

Bryan Sosa Quiroz. <https://orcid.org/0000-0002-2550-0699>

Participó en la revisión de la investigación bibliográfica y en la revisión crítica del contenido, en la redacción y aprobación del trabajo final