

# 34

Fecha de presentación: diciembre, 2021

Fecha de aceptación: marzo, 2022

Fecha de publicación: mayo, 2022

## MONITOREO

DE LA DEGRADACIÓN DE AUTOS EN FLOTAS DE ARRENDAMIENTO.

### DEGRADATION MONITORING OF CARS IN RENTAL FLEETS.

Laksmi Penabad Sanz<sup>1</sup>

Email: [laksmi@mecanica.cujae.edu.cu](mailto:laksmi@mecanica.cujae.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9106-2087>

Pedro Antonio Rodríguez Ramos<sup>1</sup>

Email: [parr@mecanica.cujae.edu.cu](mailto:parr@mecanica.cujae.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2862-0984>

Arsenio Miguel Iznaga Benítez<sup>1</sup>

Email: [icznaga@mecanica.cujae.edu.cu](mailto:icznaga@mecanica.cujae.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6409-9044>

Pablo Francisco Llanes Yera<sup>2</sup>

Email: [pablofrancisco@nauta.cu](mailto:pablofrancisco@nauta.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6063-3251>

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría. Cuba.

<sup>2</sup> Grupo Empresarial Transtur. Cuba.

#### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Penabad Sanz, L., Rodríguez Ramos, P. A., Iznaga Benítez, A. M., & Llanes Yera, P. F., (2022). Monitoreo de la degradación de autos en flotas de arrendamiento. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(3), 341-349.

#### RESUMEN

Los autos en flotas de arrendamiento están sometidos a un régimen de trabajo intenso. Esta intensidad hace que se degraden rápidamente y se renueven en periodos cortos de tiempo. No obstante es posible monitorear el estado de estos si se disponen de métodos sencillos y económicos. El presente artículo tiene como objetivo mostrar una vía para el monitoreo de la degradación de los autos en flotas de arrendamiento a través del indicador disponibilidad como método de detección de aquellos cuya explotación es inaceptable por su impacto negativo en el resultado económico. Para ello se emplea la disponibilidad límite que representa el equilibrio entre los impactos favorables y desfavorables de la explotación de los autos en el resultad económico y se introduce la frontera entre operación y mantenimiento en la determinación de la prevalencia del tiempo inactivo y fuera de servicio en el impacto económico desfavorable. La aplicación a una flota ilustra las posibilidades de la propuesta en condiciones reales y se demuestra la viabilidad del método a pesar del corto tiempo de permanencia de los autos en la flota.

**Palabras claves:** Monitoreo, degradación, flota de arrendamiento, disponibilidad, impacto económico, disponibilidad límite

#### ABSTRACT

Cars in rental fleets are subjected to an intense work regime. This intensity causes them a quickly degradation and their renovations in short periods of time. However, it is possible to monitor their condition if simple and inexpensive methods are available. This paper aims to show a way to monitor de degradation of cars in rental fleets through the availability indicator as a method of detecting those whose exploitation is unacceptable due to its negative impact on the economic result. For this, the availability threshold, which represents the tradeoff between the favorable and unfavorable impacts of the operation of the cars on the economic result, is used and border between operation and maintenance is introduced in the determination of the prevalence of the idle time and out of service time in the unfavorable economic impact. The application to a fleet illustrate the possibilities of the proposal in real conditions and the feasibility of the method is demonstrated despite the short time of permanence of the cars in the fleet.

**Keywords:** monitoring, degradation, rental fleet, availability, economic impact, availability threshold

## INTRODUCCIÓN

El mantenimiento basado en el estado (CBM por sus siglas en inglés) es una forma de mantenimiento que se centra en el monitoreo de la degradación de los activos a través de parámetros característicos del estado técnico (Alaswad & Xiang, 2017). Ello posibilita clasificar el estado de los activos en normal o anormal de acuerdo al comportamiento de estos parámetros con relación a los límites de control definidos y así identificar la presencia o no de situaciones de toma de decisión como la reparación general, la sustitución o la modificación del régimen de mantenimiento.

La evolución de las tecnologías inalámbricas y de los sistemas de control en los vehículos de todo tipo ha contribuido al incremento de la presencia del CBM en el sector del transporte, aunque este crecimiento ha sido fundamentalmente en los equipos ferroviarios, navales y aéreos (Quatrini, Costantino, Di Gravio & Patriarca, 2020). Algunas aplicaciones recientes en diversos medios de transporte se pueden ver en Raposo, Farinha, Ferreira & Galar (2017) o Kalra, Thakur & Pabla (2018). No obstante, aún el CBM es difícil de emplear (Stecki, Rudov-Clark & Stecki, 2014, Van de Kerckhof, Akkermans & Noorderhaven, 2016, Quatrini, Costantino, Di Gravio & Patriarca, 2020), pues requiere de sistemas para la recolección y procesamiento de abundantes datos y personal técnico altamente especializado, lo que suele ser costoso.

Los autos en flotas de arrendamiento están sometidos a un régimen de trabajo intenso. Esta intensidad hace que se degraden rápidamente y pierdan sus cualidades para el servicio. Es una de las razones por la que el tiempo de permanencia de un auto en una empresa es corto y la flota se renueva constantemente. El corto tiempo de permanencia de un auto en la flota sumado a las barreras que suponen la introducción del CBM podría explicar la carencia de artículos relacionados con el CBM en vehículos destinados a este servicio.

En Penabad Sanz, Rodríguez Ramos & Iznaga Benítez (2018) se propone una vía para el monitoreo del estado de los vehículos de transporte de carga a través del indicador disponibilidad vinculado con los resultados económicos de la explotación de los vehículos, es aplicable en condiciones reales, particularmente en el entorno antes mencionado. Los parámetros de las expresiones matemáticas utilizadas son comunes y se sugiere la posibilidad de extender el método a otros tipos de flotas. El objetivo del presente artículo es mostrar la aplicación del monitoreo de la degradación de los autos en flotas de arrendamiento como vía de detección de los autos cuya explotación es inaceptable de acuerdo al impacto en el

resultado económico, tomando como referencia el método propuesto por estos autores, así como la posibilidad de identificación de oportunidades de mejora a pesar del corto tiempo de permanencia de los autos en las flotas.

## Elementos del CBM

El monitoreo de la degradación de los activos requiere de la definición de tres elementos: los indicadores de estado, sus límites de control y la frecuencia de inspección (Shin & Jun, 2015). La propuesta de Penabad Sanz, Rodríguez Ramos & Iznaga Benítez (2018) se basa en la relación entre el estado técnico del vehículo, el estado de utilización y el impacto en el resultado económico. La Figura 1 muestra esta relación.

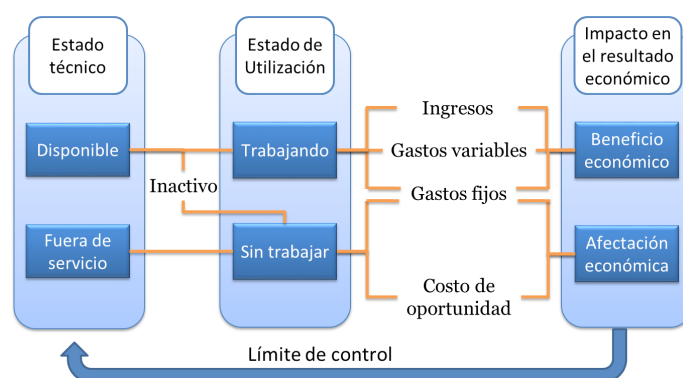


Figura 1. Relación estado técnico del vehículo – estado de utilización – impacto económico

Fuente: los autores

El indicador de estado es el indicador disponibilidad ( $\alpha_t$ ) y el límite control es el equilibrio entre el beneficio económico (BE) generado por el trabajo del vehículo y la afectación económica (AE) que se produce por el tiempo sin trabajar del mismo. Los autores, denominaron este punto de equilibrio como Límite de Uso Racional. Este límite representa la frontera entre la explotación aceptable e inaceptable del vehículo de acuerdo al impacto en el resultado económico de la entidad y se determina a través de las expresiones siguientes:

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

$$a = I_d - v \cdot l_{t_d} - F_d \quad (2)$$

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

Donde:

$\alpha_{tLIM}$ : Disponibilidad límite. Representa el límite de uso racional, o sea, el equilibrio entre BE y AE.

$\alpha_s$ : Coeficiente de salida. Constituye la variable independiente. Representa la proporción del tiempo en el que un vehículo, que se encuentra en un estado disponible, trabaja. Algunos autores también lo denominan como coeficiente de empleo del buen estado técnico (Millo Carmenate, Fuentes Vega, Pérez Gálvez, Angulo Bennett, 2019, Fuentes Vega, Millo Carmenate, Cogollos Martínez, Pérez Chaviano & Fundora Beltrán, 2021).

$a$ : Beneficio económico diario generado por el trabajo del vehículo, \$/d.

$b$ : Afectación económica diaria por no trabajar, \$/d.

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

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

$I_{td}$ : Distancia media diaria recorrida por el vehículo, km/d.

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

El ingreso depende de las tarifas de arrendamiento. Estas, a diferencia de las tarifas de transporte, se establecen con base al tiempo (normalmente el día). La tarifa diaria depende de las modalidades de servicio, el tiempo de arrendamiento y otros criterios comerciales, además presenta un componente estacional (por ejemplo la temporada turística).

El costo variable por la explotación de un auto en arrendamiento está dado por el consumo de baterías, neumáticos y el mantenimiento del auto, mientras el fijo se vincula con el seguro y la depreciación. En función de los atributos del servicio de arrendamiento puede incluir chofer o no y en consecuencia, el gasto de salario.

Con relación a la frecuencia de inspección se propone emplear la misma con la que se evalúa el indicador disponibilidad en la entidad.

El coeficiente de utilización ( $\alpha_u$ ) se vincula con las variables del límite de control de la disponibilidad, de acuerdo con Millo Carmenate, Fuentes Vega, Pérez Gálvez, Angulo Bennett (2019), a través de la expresión (4):

$$\alpha_u = \alpha_t \cdot \alpha_s \quad (4)$$

Ello supone que el coeficiente de la función límite de la disponibilidad constituye a su vez el valor límite del coeficiente de utilización, tal y como muestra la ecuación (5)

$$\alpha_{uLIM} = \frac{b}{a + b} \quad (5)$$

Por otro lado, el tiempo no trabajado se divide a su vez en la suma del tiempo inactivo y el tiempo fuera de servicio. En Penabad Sanz (2021) se demuestra que para todos los puntos de la expresión (6) se cumple que el tiempo inactivo del vehículo es igual al tiempo fuera de servicio.

$$\alpha_{tO-M} = \frac{1}{2 - \alpha_s} \quad (6)$$

El tiempo inactivo se relaciona con situaciones de toma de decisión asociadas a la explotación de los vehículos y el tiempo fuera de servicio al mantenimiento. El empleo de la ecuación (6) como frontera entre operación y mantenimiento posibilita distinguir la prevalencia de uno u otro tiempo no trabajado a partir de  $\alpha_t$ .

## MATERIALES Y MÉTODOS

El procedimiento seguido contiene los siguientes pasos:

1. Segmentación de la flota en bloques homogéneos atendiendo a las características de los autos, la temporada turística 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 turística 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.
2. Cálculo de 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  $\alpha_{tLIM}$ .
3. Clasificación de cada auto del bloque según las reglas siguientes: si se cumple la condición (7)  $\alpha_{tij} \geq \alpha_{tLIM}(\alpha_{sij})_i$ , la explotación es aceptable y si se cumple la (8)  $\alpha_{tij} < \alpha_{tLIM}(\alpha_{sij})_i$  entonces la explotación es inaceptable. A su vez, los autos con operación inaceptable se clasifican en: explotación inaceptable por operación cuando se cumple la condición (9)  $\alpha_{tij} > \alpha_{tO-M}(\alpha_{sij})_i$  y explotación inaceptable por mantenimiento cuando  $\alpha_{tij} \leq \alpha_{tO-M}(\alpha_{sij})_i$  se cumple la condición (10).

$$\alpha_{t_{ij}} \geq \alpha_{t_{LIM}}(\alpha_{s_{ij}})_i \quad (7)$$

$$\alpha_{t_{ij}} < \alpha_{t_{LIM}}(\alpha_{s_{ij}})_i \quad (8)$$

$$\alpha_{t_{ij}} > \alpha_{t_{O-M}}(\alpha_{s_{ij}})_i \quad (9)$$

$$\alpha_{t_{ij}} \leq \alpha_{t_{O-M}}(\alpha_{s_{ij}})_i \quad (10)$$

Donde:

i: Representa el i-ésimo bloque.

j: Representa el j-ésimo auto.

$\alpha_t$ : Disponibilidad del auto en el periodo analizado. Se calcula como:

$$\alpha_t = \frac{D_p - D_{fs}}{D_p} \quad (11)$$

Donde:

$D_p$ : Cantidad de días del periodo analizado (d).

$D_{fs}$ : Cantidad de días fuera de servicio del auto en el periodo analizado (d).

$\alpha_s$ : Coeficiente de salida del auto en el periodo analizado. Se calcula como:

$$\alpha_s = \frac{D_t}{D_p - D_{fs}} \quad (12)$$

Donde  $D_t$  es la cantidad de días trabajados del auto en el periodo analizado (d).

Considerando que a través de la vía propuesta se realizan inferencias sobre el resultado económico de la explotación de los autos a partir del comportamiento de la disponibilidad (los cuales se miden en escalas diferentes: tiempo en el caso del análisis de la disponibilidad y unidades monetarias en el caso del resultado económico), se realizó además la verificación de la correspondencia entre los resultados del análisis de la disponibilidad y el resultado económico de la explotación del auto paralelamente a la aplicación. Para ello se empleó el análisis de concordancia (Everitt, 1992) que permite cuantificar la medida en la que dos factores coinciden en sus clasificaciones. El primer factor es la evaluación de la disponibilidad y el segundo, es la evaluación del impacto económico real de la explotación del auto. Para ello se procedió de la siguiente manera:

4. Cálculo de los beneficios reales por el trabajo ( $BE_R$ ) y la afectación económica real ( $AE_R$ ) por el tiempo sin trabajar de cada auto a partir de las expresiones siguientes

$$BE_{R_{ij}} = I_{ij} - G_{ij} \quad (13)$$

$$AE_{R_{ij}} = b_i (D_{i_{ij}} + D_{fs_{ij}}) \quad (14)$$

Donde:

I: Ingresos reales obtenidos por la explotación del auto en el periodo analizado (\$).

G: Gastos directos asociados a la explotación del auto en el periodo analizado (\$).

$D_i$ : Cantidad de días inactivos del auto en el periodo analizado (d).

5. Clasificación de los autos según el nivel correspondiente. Si la condición (15) se cumple, el impacto en el resultado económico es favorable y la explotación es aceptable mientras que de cumplirse (16) el impacto en el resultado económico económico es desfavorable y por tanto, la explotación es inaceptable.

$$BE_{R_{ij}} \geq AE_{R_{ij}} \quad (15)$$

$$BE_{R_{ij}} < AE_{R_{ij}} \quad (16)$$

6. Cuantificación de las coincidencias y discrepancias en la evaluación de los autos por la vía propuesta y el impacto económico real. Los resultados se resumen en la tabla de contingencia (Tabla 1).

Tabla 1. Tabla de contingencia para la evaluación del acuerdo entre los factores

Evaluación de la disponibilidad	Evaluación del impacto económico		Total
	Aceptable	Inaceptable	
Aceptable	$n_{11}$	$n_{12}$	$n_{1\bullet}$
Inaceptable	$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{2\bullet}$
Total	$n_{\bullet 1}$	$n_{\bullet 2}$	N

Fuente: los autores

Donde:

$n_{ij}$ : cantidad de autos que se clasifican en el nivel  $i$  según la evaluación del tiempo de trabajo y el nivel  $j$  según evaluación de la condición de equilibrio.

$n_{i\bullet}$ ,  $n_{\bullet j}$ : distribuciones marginales

N: total de observaciones.

7. Evaluación del grado de acuerdo entre los factores: se calcula a través de la medida kappa ( $\kappa$ ) (Everitt, 1992) según la relación (17).

$$\kappa = \frac{N \sum_j^I n_{jj} - \sum_j^I n_{j\bullet} \cdot n_{\bullet j}}{N^2 - \sum_j^I n_{j\bullet} \cdot n_{\bullet j}} \quad (17)$$

La interpretación del resultado de  $\kappa$  se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Reglas para evaluar el grado de acuerdo

$\kappa$	Dimensión del acuerdo
0	Pobre
0,00-0,20	Pequeño
0,21-0,40	Mediano
0,41-0,60	Moderado
0,61-0,80	Considerable
0,81-1,00	Casi perfecto

Fuente: (Everitt, 1992)

A los efectos de este trabajo se consideró que se acepta que el método propuesto es aplicable a flotas de arrendamiento si  $\kappa \geq 0,61$  lo cual significaría que el grado de acuerdo es considerablemente superior respecto al que podría esperarse debido al azar.

### Características de la flota

La estructura de la flota estudiada se muestra en la Tabla 3. Los vehículos permanecen en la entidad por 2 años. El estudio se realizó tomando los datos de un año. En el periodo de estudio, la flota contó con vehículos que se encontraban en su primer y segundo año de explotación. Las temporadas turísticas son dos: temporada alta y temporada baja, cada una en dos periodos en el año.

Tabla 3. Composición de la flota estudiada

Marca	Modelo	Código de identificación	1er año		2do año	
			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
Kia	Sportage	D	19	20	20	18
Kia	Carens	E			7	9
Renault	Scala	F		126		
Geely	Emgrand 718	G			31	26
Hyundai	Sonata	H			6	4

Fuente: los autores

Los datos se recopilaron de los registros económicos, así como los de operación y mantenimiento de los vehículos.

## RESULTADOS

La segmentación de la flota realizada de acuerdo a los criterios: modelo de vehículo, año en explotación y temporada turística resultó en 19 bloques con 998 observaciones (ver Tabla 4).

Los valores de los parámetros de la función  $\alpha_{t, LIM}$ , como resultado del segundo paso se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Parámetros de la función  $\alpha_{t,LIM}$ 

Bloque	Cantidad	$I_d$	$v$	$I_{t_d}$	$F_d$	$a$	$b$	$\frac{b}{(a+b)}$
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	44,471	65,63	0,5961
B1B	172	42,20	0,0138	126,04	10,58	29,882	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
D1A	19	80,84	0,0195	154,97	18,85	58,97	96,68	0,6211
D1B	20	70,22	0,0196	154,58	18,85	48,35	86,05	0,6403
D2A	20	79,07	0,0214	482,90	18,85	49,88	87,58	0,6371
D2B	18	75,58	0,0398	151,09	18,85	50,72	88,42	0,6355
E2A	7	76,26	0,0175	132,12	19,11	54,83	93,05	0,6292
E2B	9	72,77	0,0278	113,87	19,11	50,49	88,71	0,6373
F1B	126	57,80	0,0160	174,57	16,30	38,71	71,31	0,6482
G2A	31	61,06	0,0119	196,73	11,41	47,31	70,13	0,5843
G2B	26	51,87	0,0128	166,99	11,41	38,31	61,13	0,6079
H2A	6	92,50	0,0154	144,96	22,02	68,25	112,29	0,6220
H2B	4	100,01	0,0344	92,27	22,02	74,81	118,86	0,6137

Fuente: los autores

La cantidad de autos clasificados en cada categoría según el comportamiento de la disponibilidad se muestran en la Tabla 5 y la distribución de acuerdo a los criterios de segmentación en la Tabla 6, mientras que la clasificación a través del beneficio económico, así como el grado de acuerdo obtenido se observan en la Tabla 7.

## DISCUSIÓN

En la Tabla 4 se puede observar la distribución de las observaciones por bloque. En ella, el 63,15 % corresponde a observaciones realizadas en vehículos en su segundo año de explotación y el 47,37 % a la temporada alta de turismo. Las diferencias entre los bloques pertenecientes a un mismo modelo están dadas por el comportamiento de la entrada y salida de vehículos a la flota. Cada observación corresponde a un vehículo evaluado en determinado año de su explotación (el primero o el segundo) en una temporada turística. Por tanto, un vehículo en el año analizado fue observado (o evaluado) dos veces como máximo: en la temporada alta y la baja. Vehículos con una sola observación se relacionan con vehículos que entraron en una temporada y no estuvieron en otra o salieron de la flota (normalmente a causa de accidentes) en una temporada y no llegaron a la otra. Tal es el caso de los vehículos pertenecientes al bloque F1B que agrupa un lote de vehículos que inició su explotación en la temporada baja por lo que no estuvo presente en la temporada alta.

Se confirma la posibilidad de calcular los parámetros del límite de control a partir de los datos disponibles según muestra la Tabla 4. 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 \$ 39,61 al día mientras que las afectaciones alcanzan entre los \$ 74,81 y \$ 118,86 al día. Los coeficientes de utilización aceptables dados por el coeficiente de la función límite, se encuentran entre 58,00 % y 64,00 %. Valores de utilización por debajo de ese rango supone impactos económicos desfavorables para la entidad operadora de la flota.

Tabla 5. Clasificación de los vehículos a través de la evaluación de la disponibilidad

Bloque	Explotación		Explotación inaceptable					
	Aceptable	Inaceptable	Por operación		Por mantenimiento			
A2A	60	50,00%	60	50,00%	49	81,67%	11	18,33%
A2B	64	64,65%	35	35,35%	26	74,29%	9	25,71%



B1A	12	13.79%	75	86.21%	74	98.67%	1	1.33%
B1B	60	34.88%	112	65.12%	103	91.96%	9	8.04%
C1A	1	2.00%	49	98.00%	49	100.00%	0	0.00%
C1B	21	37.50%	35	62.50%	31	88.57%	4	11.43%
C2A	20	32.79%	41	67.21%	37	90.24%	4	9.76%
C2B	23	40.35%	34	59.65%	32	94.12%	2	5.88%
D1A	3	15.79%	16	84.21%	16	100.00%	0	0.00%
D1B	3	15.00%	17	85.00%	17	100.00%	0	0.00%
D2A	6	30.00%	14	70.00%	10	71.43%	4	28.57%
D2B	5	27.78%	13	72.22%	11	84.62%	2	15.38%
E2A	2	28.57%	5	71.43%	5	100.00%	0	0.00%
E2B	3	33.33%	6	66.67%	6	100.00%	0	0.00%
F1B	25	19.84%	101	80.16%	99	98.02%	2	1.98%
G2A	16	51.61%	15	48.39%	15	100.00%	0	0.00%
G2B	13	50.00%	13	50.00%	10	76.92%	3	23.08%
H2A	1	16.67%	5	83.33%	5	100.00%	0	0.00%
H2B	2	50.00%	2	50.00%	1	50.00%	1	50.00%
Total	340	34.41%	648	65.59%	596	91.98%	52	8.02%

Fuente: los autores

Tabla 6. Distribución de la clasificación de las observaciones de acuerdo a los criterios de segmentación

Criterio	Cantidad	Explotación		Explotación inaceptable					
		Aceptable	Inaceptable	Por operación		Por mantenimiento			
				Modelo de vehículo					
A	219	124	56.62%	95	43.38%	75	78.95%	20	21.05%
B	259	72	27.80%	187	72.20%	177	94.65%	10	5.35%
C	224	65	29.02%	159	70.98%	149	93.71%	10	6.29%
D	77	17	22.08%	60	77.92%	54	90.00%	6	10.00%
E	16	5	31.25%	11	68.75%	11	100%	0	0.00%
F	126	25	19.84%	101	80.16%	99	98.02%	2	1.98%
G	57	29	50.88%	28	49.12%	25	89.29%	3	10.71%
H	10	3	30.00%	7	70.00%	6	85.71%	1	14.29%
Tiempo en explotación									
1	530	125	23.58%	405	76.42%	389	96.05%	16	3.95%
2	458	215	46.94%	243	53.06%	207	85.19%	36	14.81%
Temporada turística									
A	401	121	30.17%	280	69.83%	260	92.86%	20	7.14%
B	587	219	37.31%	368	62.69%	336	91.30%	32	8.70%

Fuente: los autores

Tabla 7. Clasificación de los vehículos a través de la evaluación del impacto económico y parámetros del grado de acuerdo

Bloque	Impacto económico		n11	n12	n21	n22	K		
	Aceptable	Inaceptable							
A2A	55	45.83%	65	54.17%	53	7	2	58	0.85
A2B	61	61.62%	38	38.38%	60	4	1	34	0.89
B1A	11	12.64%	76	87.36%	10	2	1	74	0.85
B1B	51	29.65%	121	70.35%	50	10	1	111	0.85
C1A	1	2.00%	49	98.00%	1	0	0	49	1.00
C1B	14	25.00%	42	75.00%	14	7	0	35	0.71
C2A	12	19.67%	49	80.33%	12	8	0	41	0.67
C2B	15	26.32%	42	73.68%	15	8	0	34	0.69
D1A	2	10.53%	17	89.47%	2	1	0	16	0.77
D1B	2	10.00%	18	90.00%	2	1	0	17	0.77
D2A	7	35.00%	13	65.00%	6	0	1	13	0.89
D2B	3	16.67%	15	83.33%	3	2	0	13	0.68
E2A	2	28.57%	5	71.43%	2	0	0	5	1.00
E2B	3	33.33%	6	66.67%	3	0	0	6	1.00
F1B	21	16.67%	105	83.33%	20	5	1	100	0.84
G2A	15	48.39%	16	51.61%	14	2	1	14	0.81
G2B	10	38.46%	16	61.54%	10	3	0	13	0.77
H2A	1	16.67%	5	83.33%	1	0	0	5	1.00
H2B	2	50.00%	2	50.00%	2	0	0	2	1.00
Total	288	29.15%	700	70.85%	280	60	8	640	0.84

Fuente: los autores

La clasificación de las observaciones a través de la evaluación de la disponibilidad (Tabla 5), en general, arroja que la mayoría de los autos de la flota tiene una explotación inaceptable (65,6 %), ello supone que el impacto económico

en estos es desfavorable. Los bloques con peores resultados son el C1A (98,00 %), el B1A (86,21 %) y D1B (85,00 %). 17 de los 19 bloques presentan cantidades de observaciones clasificadas con uso irracional por encima del 50 %. De los autos clasificados con explotación inaceptable prevalece la operación como fuente del impacto desfavorable, superior al 70,00 % en todos los bloques con excepción del bloque H2B que es del 50,00 %. Este resultado es contrario los resultados obtenidos por Penabad Sanz (2021) durante la evaluación de una flota de transporte de cargas en donde el mantenimiento constituyó la fuente del impacto desfavorable en todos los casos. También es contrario a la idea generalmente aceptada de que el mantenimiento es la causa de la mala explotación de los vehículos, incluyendo los autos en el servicio de arrendamiento. El resultado obtenido sugiere, por tanto, que las mayores oportunidades de mejora en la explotación de los vehículos se encuentran en el área de operaciones.

La valoración de la distribución de las observaciones con relación a los criterios de segmentación mostradas en la Tabla 6 indica que el modelo F es el que muestra los resultados más desfavorables, la explotación de los vehículos en su primer año es peor que el segundo, así como es peor la temporada alta con respecto a la baja. Esto último también es contrario a lo esperado, pues la demanda es mayor en la temporada alta que en la baja.

Por el lado de la evaluación del impacto económico real (Tabla 7) se observa el mismo comportamiento: la mayoría de las observaciones clasificadas en la categoría explotación inaceptable pero en este caso el valor asciende hasta el 70,85 % y 18 bloques con cantidades superiores al 50,00 % de observaciones clasificadas con explotación inaceptable.

El grado de acuerdo general alcanzado entre las dos clasificaciones es de 0.84 (ver Tabla 7), que se evalúa como casi perfecto según la Tabla 2. En todos los bloques se obtuvieron niveles de concordancia superiores a 0.61 por lo que se puede aceptar el método propuesto para el monitoreo de la degradación de los autos en flotas de arrendamiento. Por lo tanto, las expresiones generales para el cálculo del límite de uso racional propuestas en Penabad Sanz, Rodríguez Ramos & Iznaga Benítez (2018) son aplicables a las flotas de arrendamiento, lo cual confirma la posibilidad de extensión a flotas en otros tipos de servicio sugerida por estos autores.

## CONCLUSIONES

El mantenimiento basado en el estado es una forma de mantenimiento que se centra en monitoreo de la

degradación de los activos a través de parámetros característicos del estado técnico. El monitoreo de los vehículos a través del indicador disponibilidad, vinculado con los resultados económicos de la explotación de los vehículos en el servicio de arrendamiento, facilita la detección de los autos que impactan desfavorablemente en el resultado económico de las empresas operadoras de flotas de arrendamiento. Asimismo, permite identificar las oportunidades de mejora de los autos de este tipo de flotas. La introducción en el análisis de la frontera O-M posibilita determinar la prevalencia de la operación o el mantenimiento de los autos en el impacto desfavorable y por ende establecer un orden de prioridad en el análisis de las oportunidades de mejora, tanto en el nivel individual como grupal, a pesar de la corta estadía de los vehículos en este tipo de servicio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alaswad, S. & Xiang, Y. (2017). A review on Condition-Based Maintenance Optimization Models for Stochastically Deteriorating System. *Reliability Engineering and System Safety*, 157, 54–63.
- Everitt, B. S. (1992). *The analysis of contingency tables*. CRC Press.
- Fuentes Vega, J. R., Millo Carmenate, V., Cogollos Martínez, J. B., Pérez Chaviano, A., & Fundora Beltrán, P. (2021). El sistema de indicadores para evaluar el desempeño del transporte de cargas. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(3), 342-353.
- Kalra, V. M., Thakur, T., & Pabla, B. S. (2018). Condition based maintenance management system for improvement in key performance indicators of mining haul trucks - a case study. (Ponencia). *IEEE International Conference on Innovative Research and Development*, Bangkok, Thailand.
- Millo Carmenate, V., Fuentes Vega, J. R., Pérez Gálvez, R., Angulo Bennett, E. (2019). Gestión de los indicadores del grado de disposición y de consumo de combustible en una flota de ómnibus YUTONG ZK-6120. *Universidad y Sociedad*, 11(3), 315-321.
- Penabad Sanz, L., Rodríguez Ramos, P. A., & Iznaga Benítez, A. M. (2018). Monitoreo de la degradación de los vehículos de transporte de cargas a través de la disponibilidad. *DYNA*, 85 (205), 355-362.
- Penabad Sanz, L. (2021). Método para clasificar la utilización de los vehículos en flotas de empresas de transporte de cargas. (Tesis de doctorado). Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría



- Quatrini, E., Costantino, F., Di Gravio, G. & Patriarca, R. (2020). Condition-Based Maintenance—An Extensive Literature Review. *Machines*, 8(2), 31.
- Raposo, H., Farinha, J. T., Ferreira, L., & Galar, D. (2018). Dimensioning reserve bus fleet using life cycle cost models and condition based/predictive maintenance: a case study. *Public Transport*, 10(1), 169-190.
- Shin, J. H., & Jun, H. B. (2015). On condition based maintenance policy. *Journal of Computational Design and Engineering*, 2(2015), 119-127.
- Stecki, J. S., Rudov-Clark, S., & Stecki, C. (2014). The rise and fall of CBM (Condition based Maintenance). *Key Engineering Materials*, 588(2014), 290-301.
- Van de Kerkhof, R. M., Akkermans, H. A., & Noorderhaven, N. G. (2016). Knowledge Lost in Data: Organizational Impediments to Condition-Based Maintenance in the Process Industry. En H. Zijm & et al., *Logistics and Supply Chain Innovation, Lecture Notes in Logistics*. (pp. 223-237). Switzerland Springer International Publishing.