



## Valor límite del indicador: utilización de vehículos de transporte de carga por carretera

### Limited value for the indicator: use of freight trucks

Laksmi Penabad-Sanz, Arsenio Miguel Iznaga-Benítez, Pedro Antonio Rodríguez-Ramos

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría. Centro de Estudios de Ingeniería de Mantenimiento. La Habana, Cuba  
E-mail: [laksmi@mecanica.cujae.edu.cu](mailto:laksmi@mecanica.cujae.edu.cu), [iznaga@mecanica.cujae.edu.cu](mailto:iznaga@mecanica.cujae.edu.cu), [parr@ceim.cujae.edu.cu](mailto:parr@ceim.cujae.edu.cu)

Recibido: 24 de julio del 2017

Aprobado: 10 de septiembre del 2018

#### RESUMEN

El nivel de utilización de los vehículos tiene influencia de varios factores que implican tiempo sin trabajar de los mismos, lo que afecta los resultados económicos de la operación de la flota. La influencia de estos factores por encima de niveles aceptables indicaría la presencia de alguna situación que precise tomar decisiones. Por lo cual, se propone una expresión matemática para determinar el nivel de utilización límite de los vehículos de transporte de carga por carretera, a partir del equilibrio entre el beneficio por trabajar y las afectaciones económicas que se producen por no trabajar. Se obtuvo una relación sencilla, de fácil uso por los operadores de flota. Se constató la aplicabilidad de la expresión a partir de su empleo en una empresa cubana. Se demostró la concordancia entre los resultados obtenidos a través de la expresión propuesta y la evaluación del equilibrio económico real con un nivel de acuerdo casi perfecto.

**Palabras clave:** transporte de cargas, utilización, toma de decisiones, vehículos de transporte.

#### ABSTRACT

The exploitation use of vehicles is influenced by several factors implying down time days, which affects the economic results of fleet operation. If these factors grow beyond acceptable levels, it shows a situation required of decision-making. That is the reason for a mathematical expression to determine the limiting exploitation value of freight motor vehicles, based on a balance between working benefits and down time economic effects. The relation obtained is simple and easy to use by freight fleets operators. The applicability was confirmed by its use in a Cuban company. The concordance between the applied model and the actual economic evaluation is almost perfect.

**Key words:** freight transportation, exploitation, decision-making, transport vehicle.

#### I. INTRODUCCIÓN

La gestión del transporte de carga por carretera genera ingresos según la utilización que se haga de sus equipos. Del mismo modo, no utilizarlos genera pérdidas. Determinar el nivel en que un vehículo está siendo explotado resulta de interés para el servicio.

- Según Kinnunen *et al.* (2015), la gestión del transporte no ha sido suficientemente abordada. Este autor para contribuir a la comprensión de las distintas situaciones de toma de decisión; proponen un marco teórico relacionando tres categorías:
- escala de tiempo (decisiones reactivas, en tiempo real, proactivas y estratégicas)

- etapa del ciclo de vida (planificación, despliegue, operación & mantenimiento y fin de vida) jerarquía del activo (unidad y flota) [1].

Las categorías presentan diferentes situaciones para la toma de decisión. Por ejemplo, en la categoría - jerarquía de activo, en el nivel de unidad son: el reemplazo como decisión estratégica en la fase de fin de vida; las decisiones de inversión como estratégicas en la fase de planificación y la programación como decisiones de operación y mantenimiento, entre otras. La agregación de los datos de las distintas unidades posibilita la toma de decisiones ante las distintas situaciones a nivel de flota. Pero primero debe reconocerse la necesidad de tomar decisiones. Una vía para ello es el evento dado por la desviación de indicadores de los límites autorizados [2].

La utilización, entendida como el tiempo trabajado de los vehículos, es un factor importante para evaluar flotas de transporte. Caplice y Sheffi (1994) la consideran como una de las tres formas primarias de la medición del desempeño logístico además, de la productividad y la efectividad [3]. Buchanan y Scott (1992) como una medida de la eficiencia operativa [4]; Tsiriktsis (2007) una medida de productividad [5]. Mohammadi, Rai y Gupta (2015) así como Trompet, Anderson y Graham (2009) la consideran entre los indicadores claves de desempeño [6;7], mientras que el programa inglés de buenas prácticas la asume como indicador clave de desempeño para medir la eficiencia operativa [8]. Estos enfoques permiten apreciar la necesidad de la utilización como indicador para la gestión y su relación con las situaciones de toma de decisión.

El indicador, utilización ha sido empleado en diversos estudios. Kulović (2012) incluye la utilización de los vehículos entre los parámetros operacionales en la modelación del costo del transporte de cargas [9]. Kulović (2012), y Samanta y Banerjee (2004) lo usan como índice de calidad para medir efectividad global de los equipos mineros [10]. Crujssen (2010) lo trabaja como factor de entrada para la evaluación de la eficiencia de las flotas flamencas de transporte de carga por carretera [11], al igual que Bhadra (2009). Referido al desempeño de flotas aéreas [12] y Andrejic y Kilibarda (2012) en el estudio de la eficiencia de centros de distribución [13] y más tarde como factor de salida [14], en todos los casos se aplica el análisis de datos de contorno (DEA por sus siglas en inglés). Lapré y Scudder (2004) emplean este indicador como medida de la cercanía de la frontera del activo en un estudio empírico sobre Caminos de Mejora del Desempeño en la industria aeronáutica [15]. En este mismo sector, Tsiriktsis (2007) emplea el indicador utilización entre los indicadores de desempeño operativo y demuestra empíricamente su influencia en la rentabilidad [5]. Maximizar la utilización es la meta para Deng, Wang y Zheng (2015) en el estudio de un sistema público de bicicletas chino empleando el proceso de análisis jerárquico [16], al igual que para Redmer (2015) pero referido a la optimización de las dimensiones y composición de flotas [17].

Bajo el programa inglés de buenas prácticas se realizaron 9 estudios donde la utilización de los vehículos estaba entre los cinco indicadores observados [18]. Entre las flotas de transporte estudiadas se encontraban las relacionadas con las cadenas logísticas de suministro de alimentos por McKinnon (1999) [18] que luego, en un segundo estudio, realizó un análisis comparativo del impacto de la introducción del programa de buenas prácticas [19]. Además, estudió la distribución en la industria automotriz, las redes de carga paletizada y minorista no alimentaria [8; 20]. Otro programa similar, pero referido al servicio público de ómnibus, también incluye la utilización entre los indicadores a estudiar [7].

La tendencia de las empresas transportistas es maximizar la utilización de los vehículos [21]. El estudio de tiempos es uno de los métodos empleados para el análisis de la utilización de los vehículos. Este método se basa en la división del tiempo del vehículo en categorías, obteniéndose los pesos de estas con respecto al tiempo total estudiado a través de la medición. Por ejemplo, todos los estudios basados en el programa de buenas prácticas para el transporte de cargas dividen el tiempo en siete actividades en las que se puede encontrar el vehículo [8]. Alves *et al* (2013), en cinco categorías, dividen el tiempo para el estudio del desempeño operacional [22]. Matos Ramírez y García Cisneros (2012) emplean siete categorías de acuerdo a la composición de los tiempos de la jornada laboral [23]; mientras que para las flotas cubanas las categorías son tres [24]. Este tipo de estudio posibilita la identificación de las oportunidades de mejora en el uso del tiempo de los vehículos y la reducción del tiempo de viaje, lo que posibilita el incremento de los beneficios por la operación. Los métodos propios de la investigación de operaciones también son empleados para mejorar la utilización. En este sentido, Mohammadi, Rai y Gupta (2015) hacen referencia a un grupo de trabajos que aplican estos métodos a vehículos de la industria minera [6]. El balance de carga – capacidad, muy usado en la solución de problemas de dimensión/composición de flotas, tiene como objetivo general, según Redmer (2015), satisfacer la demanda minimizando costos o maximizando utilización de la

## VALOR LÍMITE DEL INDICADOR: UTILIZACIÓN DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE CARGA POR CARRETERA

flota [17]. El conjunto de técnicas que se basan en este método son empleadas: en la fase de diseño; para bajos niveles de utilización; insatisfacción de la demanda; u otras situaciones que así lo ameritan. Las técnicas no son propias de estudios periódicos.

El nivel de utilización de los vehículos tiene influencia de varios factores, entre los que se encuentran:

1. la planificación de la operación [4]
2. la irregularidad de la demanda que se manifiesta no solo en fluctuaciones a largo plazo (debido a la tendencia o los cambios estacionales) sino en el corto plazo con diferencias mensuales y diarias [7; 17]
3. el tiempo de descanso de los choferes para recuperarse de la fatiga durante la conducción, la cual es una de las causas más importantes de accidentes y de violaciones a las leyes de tránsito [21]
4. las dimensiones de la flota y su composición
5. la confiabilidad del vehículo que conduce a la ocurrencia de fallos
6. el régimen de mantenimiento.

Todos estos factores implican tiempo sin trabajar de los vehículos afectando los resultados económicos de la operación de la flota, de ahí su relación con las situaciones de toma de decisión. Por tanto, la influencia de estos factores por encima de niveles aceptables indicaría la presencia de algunas de las situaciones que precisen tomar decisiones. Por lo que se propone una expresión matemática para la determinación del nivel de utilización límite de los vehículos de transporte de carga por carretera. Disponer de este valor posibilitaría identificar los vehículos en los cuales la influencia de los factores anteriores es mayor de la tolerable.

## II. MÉTODOS

### Expresión de la Utilización mínima

La utilización de los vehículos puede expresarse en unidades de tiempo (horas o días) [10]; como porcentaje del tiempo disponible [3; 5; 11]; o como porcentaje del tiempo del estudio [7; 8]. De acuerdo con Trompet, Anderson y Graham (2009), el uso de unidades de tiempo (horas en este caso) es lo preferido por su relación con la velocidad además de ser el mayor peso en el costo [16]. O sea, que este indicador, al expresarse en unidades de tiempo, puede asociarse al resultado económico, por lo que se decidió emplearlo de esta manera.

El tiempo utilizado por un vehículo (tiempo trabajado) genera beneficios económicos, mientras que el tiempo sin utilizar (sin trabajar) influye negativamente. Por tanto, se está en presencia de un problema de equilibrio. Este tipo de problema se caracteriza por el hecho de que la mejora de un atributo implica el deterioro del otro. Kochnov y Basté (1986) muestran una condición de equilibrio que denominan Condición Económica de Mínimo, entre el beneficio por el tiempo trabajado y la pérdida por el tiempo en reparación [21]. El tiempo en reparación es solo una de las pérdidas de tiempo de utilización del vehículo por lo cual no es suficiente.

El Beneficio Económico ( $BE$ ) por el Tiempo Trabajado de un Vehículo ( $T_{tr}$ ) se puede expresar como aparece en la ecuación 1:

$$BE = aT_{tr} \quad (1)$$

Donde  $a$  es el beneficio generado por el trabajo del vehículo en la unidad de tiempo.

Mientras que la Afectación Económica ( $AE$ ) por el Tiempo No Trabajado ( $T_{ntr}$ ) se expresa con la ecuación 2:

$$AE = bT_{ntr} \quad (2)$$

Siendo  $b$  la afectación económica por no trabajar en la unidad de tiempo.

La relación entre estos tiempos se puede expresar teniendo en cuenta un período de estudio o análisis determinado, como puede verse en la ecuación (2). En un Período Determinado ( $T_p$ ) el incremento del tiempo trabajado provoca la disminución del tiempo sin trabajar ya que:

$$T_p = T_{tr} + T_{ntr} \quad (2)$$

El parámetro  $a$  está asociado al beneficio por el trabajo y considerando el día como unidad de tiempo entonces se obtiene que:

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

Donde:

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

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

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

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

Mientras que  $b$  se relaciona con el beneficio diario dejado de recibir por no trabajar y los gastos fijos. Esto se refleja en la ecuación 5:

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

Los parámetros  $a$  y  $b$  son mutuamente excluyentes, en una unidad de tiempo solo puede ocurrir uno de los dos. Matemáticamente se relacionan como muestra la ecuación (5). En ella, se puede observar que  $b$  es mayor que  $a$ , lo que significa que la influencia por no trabajar es mayor que por trabajar.

$$b = a + 2F_d \quad (5)$$

Los ingresos y gastos que suelen considerarse para evaluar la operación de un vehículo, son los directamente asociados con la transportación [22]. En el caso de  $I_d$  se determinó como el promedio del tiempo trabajado, o sea, lo que ingresa como promedio el vehículo cada vez que sale a trabajar. Del mismo modo, se procedió con  $l_{t_d}$ , determinándose como el valor medio de la suma de los recorridos cargados y vacíos de los viajes dados en  $n$  días trabajados. En el caso de los gastos, según Feo Valero (2011), existe un consenso en los elementos variables para el estudio del transporte de cargas, no siendo así con respecto a los elementos del gasto fijo [23]. No obstante, los elementos a incluir en el cálculo dependen de la forma en la que se asignan los gastos en la flota que se estudia; por lo que para este trabajo los gastos variables son los relacionados con el consumo de combustibles, neumáticos, baterías y el mantenimiento.

$$v = \sum IC_k p_k + \frac{\sum(N_i \cdot c_{MT_i})}{l_{ciclo}} + \frac{c_{rep}}{DMEF} \quad (7)$$

Donde:

$k$ : Materiales de explotación (combustibles, neumáticos y baterías)

$IC_k$ : Norma de consumo del material de explotación  $k$ , [unidad del material  $k$ /km].

$p_k$ : Precio del material de explotación  $k$ , [\$/unidad del material  $k$ ].

$i$ :  $i$ -ésimo mantenimiento tipo.

$N_i$ : Cantidad de mantenimientos tipo  $i$  que se realizan en un ciclo de mantenimiento.

$c_{MT_i}$ : Costo del mantenimiento tipo  $i$ , [\$/].

$l_{ciclo}$ : Ciclo de mantenimiento, [km].

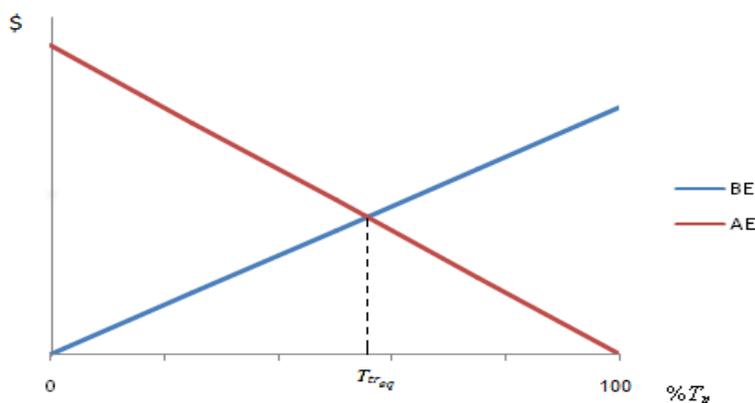
$c_{rep}$ : Costo medio de reparación, [\$/].

$DMEF$ : Distancia media entre fallos, [km].

Entre los gastos fijos se incluyó la depreciación, el seguro y el salario del chofer. Otros gastos fijos, como las licencias e impuestos no se tuvieron en cuenta ya que los aportes a los valores diarios del gasto fijo resultan insignificantes.

La relación entre el beneficio y la afectación económica se muestra en la Fig. 1. Al expresar  $AE$  en función de  $T_{tr}$  se puede constatar que a medida que aumenta el peso del tiempo trabajado en un periodo determinado,  $BE$  aumenta mientras que  $AE$  disminuye. Por tanto, existe un punto de equilibrio en el cual  $BE = AE$ .

## VALOR LÍMITE DEL INDICADOR: UTILIZACIÓN DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE CARGA POR CARRETERA



**Fig. 1.** Comportamiento de los beneficios y las afectaciones económicas en función del tiempo trabajado, expresado como por ciento del tiempo del periodo

Al despejar  $T_{tr}$  en la relación de equilibrio anterior se obtiene la ecuación 8:

$$T_{tr_{eq}} = \frac{T_p b}{a + b} \quad (6)$$

Donde  $T_{tr_{eq}}$  es el tiempo trabajado correspondiente al punto de equilibrio. Si  $T_{tr} \geq T_{tr_{eq}}$  entonces  $BE \geq AE$  (ver Fig. 1), lo que implica que el nivel de utilización es aceptable.

En caso contrario ( $T_{tr} < T_{tr_{eq}}$ )  $BE < AE$ , la influencia de los factores enumerados anteriormente hace que el tiempo sin trabajar del vehículo sea de un valor para el cual el beneficio por trabajar es menor que las afectaciones económicas que se produce por no trabajar, por lo cual el nivel de utilización del vehículo es inaceptable. Por lo tanto,  $T_{tr_{eq}}$  se corresponde con el nivel de utilización mínima de los vehículos de transporte de cargas, y su cálculo se realiza a través de la expresión matemática mostrada en la ecuación (6).

### Datos

La flota estudiada cuenta con 37 camiones que pertenecen a una empresa cubana de transportación de cereales que realiza transportaciones a carga completa, que ha sido seleccionada aleatoriamente. El régimen de trabajo es 24/7 en dos turnos de trabajo y un chofer por turno por vehículo.

El plan de transportación y la planificación económica junto con la información recogida en los registros de operación y mantenimiento (cartas porte, órdenes de trabajo de mantenimiento y los reportes económicos), en un año de trabajo ( $T_p = 365$  días) se emplearon para el cálculo de  $T_{tr_{eq}}$ .

### Diseño de la prueba

El valor de los parámetros  $I_d, v, l_{id}, F_{dt}$  que influyen sobre  $a$  y  $b$  para el cálculo de  $T_{tr_{eq}}$  dependen de características de los vehículos como el régimen de mantenimiento o los precios de los insumos y del contexto operacional (distancias entre los orígenes y destinos de la carga o las características de la misma). Por lo que se puede asumir en el cálculo del  $T_{tr_{eq}}$  que vehículos con características similares en condiciones de operación similares tienen el mismo valor de los parámetros de  $I_d, v, l_{id}, F_{dt}$  y por consiguiente el mismo  $T_{tr_{eq}}$ . Lo que significa que los vehículos pueden ser agrupados. Por otro lado, monitorear el indicador Utilización requiere que el valor mínimo ( $T_{tr_{eq}}$ ) esté disponible con anterioridad al análisis de la utilización por lo que el momento para el cálculo es el de la planificación del periodo a estudiar.

La valoración de la correspondencia entre las clasificaciones que resultan del análisis de la utilización a través de  $T_{tr_{eq}}$  y la condición de equilibrio respecto a los resultados económicos reales se basó en la prueba de acuerdo entre dos factores. Los factores a contrastar así como las clasificaciones correspondientes se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Niveles para cada tratamiento a contrastar

Factores	Niveles	Clasificación
Evaluación del tiempo trabajado	$T_{trij} \geq T_{tr eq_i}$	Aceptable
	$T_{trij} < T_{tr eq_i}$	Inaceptable
Evaluación de la condición de equilibrio	$BE_{Rij} \geq AE_{Rij}$	Aceptable
	$BE_{Rij} < AE_{Rij}$	Inaceptable

Donde

$i$ : Representa el  $i$ -ésimo bloque.

$j$ : Representa la  $j$ -ésima unidad (vehículo).

$BE_R$ : Beneficios económicos reales aportados por cada vehículo, Donde:

$I_{ij}$ : Ingresos reales obtenidos por la operación de la unidad  $j$  en el periodo correspondiente al bloque  $i$ , [\\$].

$G_{ij}$ : Gastos directos asociados a la operación de la unidad  $j$  en el periodo correspondiente al bloque  $i$ , [\\$].

$AE_R$ : Afectaciones económicas generadas por el tiempo real sin trabajar de cada vehículo. Se calcula según la ecuación 9.

$$AE_{Rij} = b_i T_{ntrij} \quad (9)$$

El  $VER$  se calcula según la ecuación 10.

$$BE_{Rij} = I_{ij} - G_{ij} \quad (10)$$

El  $AE_R$  se calcula según la ecuación 11.

$$AE_{Rij} = b_i T_{ntrij} \quad (11)$$

El procedimiento seguido para la prueba fue el siguiente:

1. Segmentar la flota en bloques homogéneos atendiendo a las características de los vehículos y del contexto operacional.
2. Calcular los parámetros de la expresión 6, para cada bloque a partir de los datos de la planificación realizada para el periodo, con lo que se obtiene  $T_{tr eq}$ . Clasificar los vehículos según el nivel correspondiente (
- 3.
4. Tabla 1).
5. Calcular los beneficios reales por el trabajo y la afectación por el tiempo sin trabajar de cada vehículo a partir de los datos primarios (registros de operación y mantenimiento), con lo que se evalúa la condición de equilibrio y se clasifican los vehículos según el nivel de acuerdo a la
- 6.
7. Tabla 1.
8. Cuantificar las coincidencias y discrepancias en la clasificación de las unidades por ambos métodos y resumir en la tabla de contingencia, como aparece en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Tabla de contingencia para el contraste de los factores

Evaluación del tiempo trabajado	Evaluación de la condición de equilibrio		Total
	Aceptable	Inaceptable	
Aceptable	$n_{11}$	$n_{12}$	$n_{1\bullet}$
Inaceptable	$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{2\bullet}$
Total	$n_{\bullet 1}$	$n_{\bullet 2}$	$N$

Donde:

$n_{ij}$ : cantidad de unidades 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, representa las frecuencias observadas ( $o_{ij}$ ).

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

$N$ : total de unidades (vehículos).

9. Evaluar el cumplimiento de las hipótesis:

## VALOR LÍMITE DEL INDICADOR: UTILIZACIÓN DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE CARGA POR CARRETERA

Evaluar el grado de acuerdo entre los factores: se calcula a través de la medida kappa ( $\kappa$ ) [24] según la ecuación **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

$$\kappa = \frac{N \sum_i^I n_{ii} - \sum_i^I n_{i\bullet} \cdot n_{\bullet i}}{N^2 - \sum_i^I n_{i\bullet} \cdot n_{\bullet i}} \quad (12)$$

La interpretación del resultado de  $\kappa$  se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3.** 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

Esta clasificación se reconoce como arbitraria [25] pero es ampliamente aceptada [24]. No se encontraron estudios que definieran el límite de la fuerza del acuerdo para aceptar los métodos contrastados. Para los efectos de este trabajo se considerará que se acepta método propuesto si  $\kappa > 0,61$ , lo cual significaría que el grado de acuerdo es considerablemente superior respecto al que podría esperarse debido al azar.

### III. RESULTADOS

Aplicando el primer paso del procedimiento, se obtuvo que el criterio relevante para la agrupación de los vehículos fue su tecnología, ya que la flota cuenta con vehículos de dos modelos (A y B) que difieren entre sí, por sus características técnicas. El resto de los factores inciden indistintamente sobre los vehículos por lo que se consideraron aleatorios. De esta manera, se obtuvo dos bloques homogéneos conformados por los vehículos con la composición que muestra la Tabla 4.

**Tabla 4.** Composición de la flota

Bloque	Capacidad de carga (t)	Peso bruto(t)	Tiempo de Operación (años)	Cantidad (Vehículos)
<b>A</b>	30	16	7	25
<b>B</b>	30	25	4	12
<b>Total</b>				37

Paso 2:

Los valores calculados de:  $I_d$ ,  $v$ ,  $I_{td}$ ,  $F_d$ ,  $a$ ,  $b$  y  $T_{tr\ eq}$ , correspondientes a cada bloque para el periodo se muestran en la Tabla 5 y la **Tabla 6**.

**Tabla 5.** Valores de los parámetros asociados al beneficio

Bloque	$I_d$	$I_{td}$	$v$	$F_d$
<b>A</b>	1083,85	507,14	0,43889	43,97
<b>B</b>	1120,30	524,19	0,49954	71,00
<b>Var/B</b>	-3%	-3%	-12%	-38%
<b>Var/A</b>	3%	3%	14%	61%

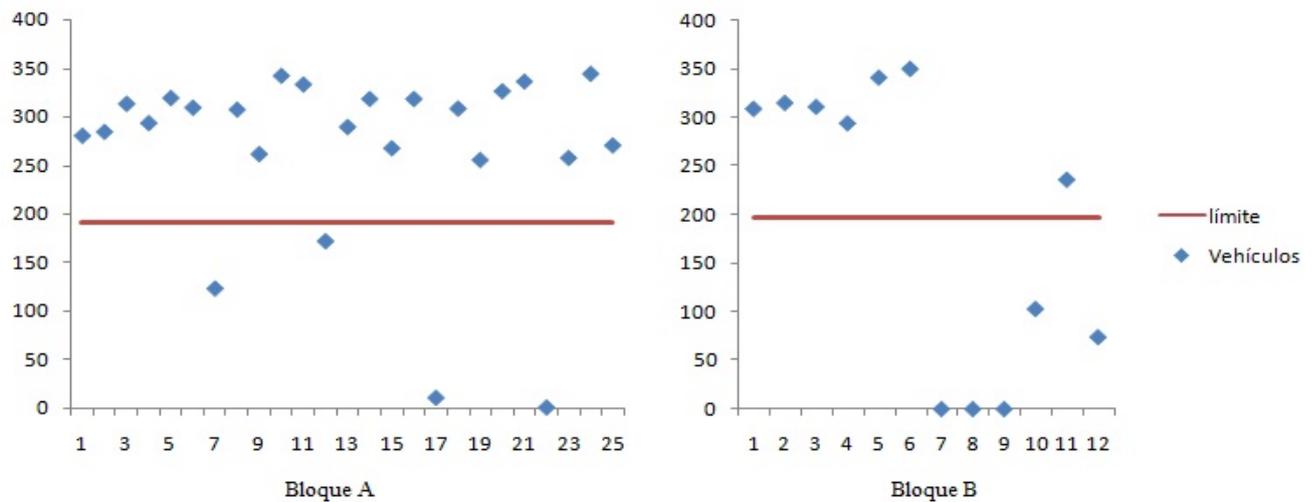
Donde

Var; es la diferencia entre A y B

**Tabla 6.** Valores de los parámetros de la utilización de equilibrio

Bloque	Cantidad	$a$	$b$	$T_{req}$
A	25	817,31	905,24	191
B	12	787,46	929,44	197

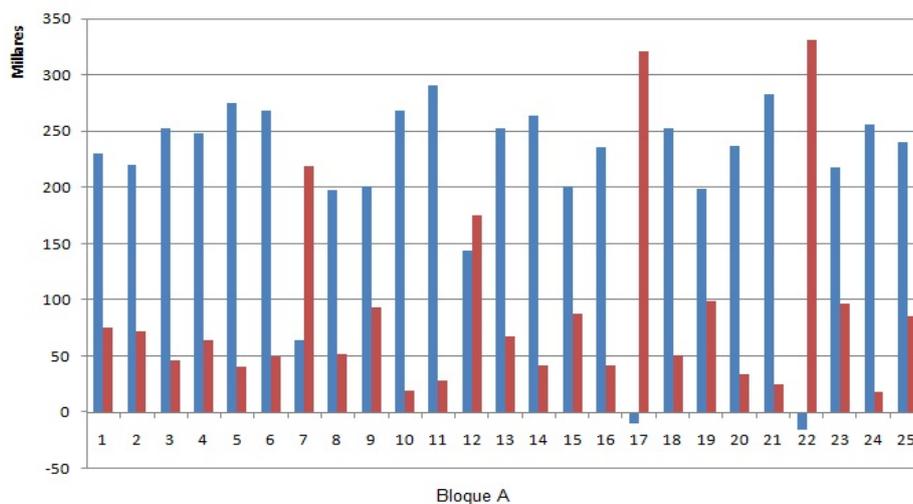
El gráfico de las Fig. 2, permiten visualizar el comportamiento de los niveles jerárquicos de unidad y flota presentes en el estudio. Se muestra los tiempos de trabajo reales de los vehículos y el de equilibrio correspondientes a cada bloque, lo cual corresponde con la fase de clasificación.



**Fig. 2.** Clasificación de los vehículos según el punto de equilibrio  $T_{req}$  para los Bloques A y B

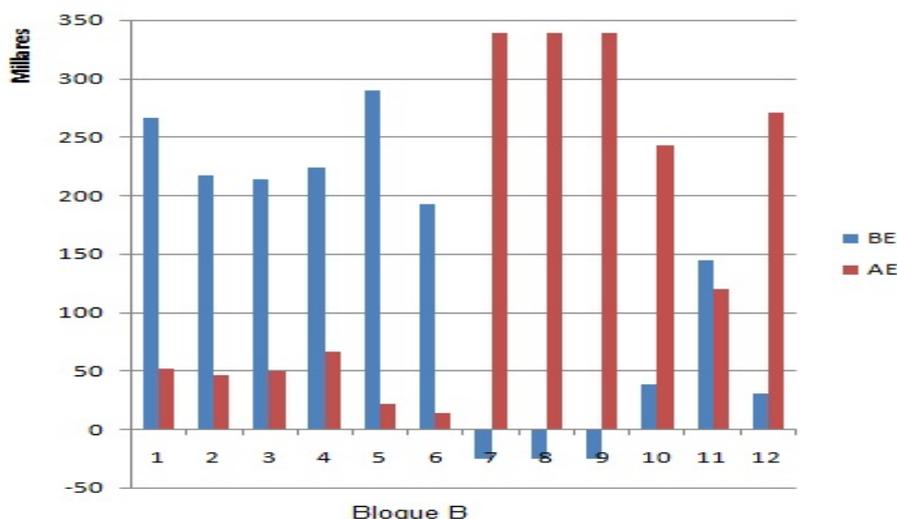
Paso 3:

El cálculo de los beneficios económicos por trabajar ( $BE_{Rij}$ ) y las afectaciones económicas por no trabajar ( $AE_{Rij}$ ) reales de los mismos vehículos en el periodo estudiado se muestra en las figuras 4 y 5.



**Fig.3.** Evaluación de la condición de equilibrio por unidad para el bloque A

## VALOR LÍMITE DEL INDICADOR: UTILIZACIÓN DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE CARGA POR CARRETERA



**Fig. 4.** Evaluación de la condición de equilibrio por unidad para el bloque B

Paso 4:

Todos los vehículos fueron evaluados por los métodos de la condición de equilibrio y el tiempo trabajado. Ambos métodos obtienen como resultado la clasificación de Aceptable e Inaceptable (ver **Tabla 1**). Las coincidencias en las clasificaciones obtenidas fue de un 96% para el Bloque A y 100% para el Bloque B. Las discrepancias en el estudio de toda la población fue de 2.7 %. La clasificación para los bloques A y B se resumen en la **Tabla 7** y **Tabla 8**, respectivamente.

Tabla **8**, respectivamente.

**Tabla 7.** Tabla de contingencia para el contraste de los Factores del bloque A

Evaluación del tiempo trabajado	Evaluación de la condición de equilibrio		Total
	Aceptable	Inaceptable	
Aceptable	21	0	21
Inaceptable	1	3	4
Total	22	3	25

**Tabla 8.** Tabla de contingencia para el contraste de los factores del bloque B

Evaluación del tiempo trabajado	Evaluación de la condición de equilibrio		Total
	Aceptable	Inaceptable	
Aceptable	7	0	7
Inaceptable	0	5	5
Total	7	5	12

El valor de  $\kappa$  obtenido fue de 0,83 para el bloque A y 1 para el bloque B, lo que se corresponde con un grado de acuerdo casi perfecto.

### IV. DISCUSIÓN

En la tabla 5 se observa una variación correspondiente al costo variable unitario de la operación del vehículo, y los gastos fijos diarios del vehículo. Lo cual demuestra que la selección del factor relevante (Tecnología) fue la adecuada. El análisis de las tablas 5 y 6 permiten asegurar que la operación del modelo A resulta más beneficiosa que el B ya que tiene menor costo por cada

kilómetro recorrido, además la diferencia entre los valores de  $a$  y  $b$  para el modelo A es menor que para el B. Los resultados del punto de equilibrio  $T_{tr_{eq}}$ , se muestran en la Tabla 6, donde se observa que con menos tiempo de trabajo del modelo A se compensan las afectaciones que se generan por el tiempo sin trabajar.

La figura 2 permite apreciar que el tiempo trabajado de los vehículos 7, 12, 17 y 22 del bloque A es menor que el de equilibrio, lo que representa un 16% del bloque. Lo mismo sucede con los vehículos 7, 8, 9, 10 y 12 del bloque B en la Figura 3, representando un 41,66%. Además, se percibe un posible orden de prioridad para la atención de acuerdo a la distancia del punto de equilibrio. En general, los vehículos identificados representan el 24,32% de los vehículos estudiados. Esto supone que, en el periodo analizado, los beneficios por el trabajo de estos vehículos son inferiores a las afectaciones económicas que genera el tiempo sin trabajar.

En las figuras 2 y 3 se pueden detectar además situaciones a nivel de flota. En el caso del bloque B, casi la mitad de los vehículos se encuentran por debajo del punto de equilibrio, lo que sugiere la presencia de un problema. El mismo puede estar dado por la diferencia de tecnología – factor relevante – ya que, bajo las mismas condiciones y entorno de trabajo (operación, carga, mantenimiento, entre otros) existe un comportamiento desigual del conjunto de vehículos.

Tanto en la figura 4 como la 5 es posible observar que para los vehículos 7, 17 y 22 del bloque A se cumple que  $BE_{R_{ij}} < AE_{R_{ij}}$ , mientras que para el bloque B esta condición se cumple en los vehículos 7, 8, 9, 10 y 12. Esta clasificación permite definir los vehículos que realmente se encuentran en situación de toma de decisión.

Según el grado de acuerdo obtenido – casi perfecto – el punto de equilibrio ( $T_{tr_{eq}}$ ) es adecuado para obtener el valor límite del tiempo del tiempo trabajado ( $T_{tr}$ ) de los vehículos y con ello establecer las condiciones de aceptabilidad de los valores de  $T_{tr}$ , vinculado a los resultados económicos de la operación de los vehículos.

El cálculo de  $T_{tr_{eq}}$  permite conocer el valor límite del tiempo trabajado a partir del cual la influencia de los factores, que se relacionan con la utilización, no es Aceptable. Los vehículos para los cuales el  $T_{tr} < T_{tr_{eq}}$  generan más afectaciones por no trabajar que beneficios económicos, lo que indica la presencia de una situación de toma de decisión. Corresponde luego, una vez identificados los vehículos cuya operación es inaceptable, identificar las causas del tiempo sin trabajar y tomar las decisiones que correspondan.

La condición de equilibrio obtenida se diferencia de la empleada por Kochnov y Basté [21] en el alcance de las pérdidas de tiempo que se consideran. Estos autores tienen en cuenta el tiempo en reparación mientras que en este trabajo se extienden a las debidas al tiempo sin trabajar.

La expresión matemática ofrecida en la ecuación (6) es sencilla, aplicable por los operadores a flotas de transporte de cargas de cualquier dimensión. Al estar en función de los ingresos, el alcance de la aplicación está limitado a aquellas flotas que los generan, o sea, flotas que pertenecen a empresas proveedoras de servicios de transporte de carga. Aunque la prueba se realizó en una flota que realiza transportaciones a carga completa (TL, por sus siglas en inglés *Truck Load*), es posible que pueda emplearse en flotas que transporten carga fraccionada (LTL, por sus siglas en inglés *Lower Truck Load*) ya que los parámetros de la expresión son comunes a ambos tipos de transportación. También son comunes a los distintos tipos de flotas de vehículos automotores como son las flotas de alquiler y las de transporte de pasajeros, por lo que presumiblemente la aplicación también pueda extenderse a estos casos.

## V. CONCLUSIONES

1. La comparación de los resultados obtenidos a través de la expresión matemática propuesta con la evaluación del equilibrio económico real, permitió demostrar estadísticamente su grado de acuerdo con un nivel de acuerdo casi perfecto.
2. La aplicación de la expresión matemática del tiempo de trabajo de equilibrio en una empresa permitió determinar que resulta viable su empleo para el cálculo del valor mínimo de utilización de los vehículos automotores de servicios de transporte de carga.
3. La expresión obtenida depende de los ingresos por lo que el alcance de la aplicación está limitado a flotas que pertenecen a empresas proveedoras de servicios de transporte de carga. Los parámetros de la expresión son comunes a varios tipos de transportación (TL y LTL) y de flotas de vehículos automotores (de alquiler o de transporte de pasajeros), por lo que el empleo de la misma, posiblemente pueda ser extendido a estos casos. 📄

## VALOR LÍMITE DEL INDICADOR: UTILIZACIÓN DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE CARGA POR CARRETERA

### V. REFERENCIAS

1. Kinnunen SK, en: eaECedOdD. Decision making situations define data requirements in fleet asset management.2015 En: World Congress on Engineering Asset Management. Tampere, Finland.
2. Vujanović D, al. E. Evaluation of vehicle fleet maintenance management indicators by application of dematel and anp. Expert Systems with Applications. 2012;39(12). ISSN 10552-10563.
3. Caplice C, Sheffi Y. A review and evaluation of logistics metrics. International Journal of Logistics Management. 1994;5(2):11-28. ISSN 0957-4093.
4. Tsiriktsis N. The effect of operational performance and focus on profitability: A longitudinal study of the u.S. Airline industry. Manufacturing & Service Operations Management. 2007;9(4). ISSN 1526-5498. DOI 10.1287/msom.1060.0133.
5. Mohammadi M, Rai P, Gupta S. Performance measurement of mining equipment. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. 2015;5(7):240-8. ISSN 2250-2459.
6. Kovács G. Development of performance evaluation software for road freight transport activity. Polish Journal of Management Studies. 2017;15(1):121-34. ISSN 2081-7452.
7. Mckinnon A. Synchronised auditing of truck utilisation and energy efficiency: A review of the british government's transport kpi programme.2007 En: World Conference on Transport Research. Berkeley, US. University of California. p. ISBN 0080427804.
8. Kulović M. Freight transport costs model based on truck fleet operational parameters. PROMET-Traffic&Transportation. 2012;16(6):321-5. ISSN 1848-4069.
9. Cruijssen F, Dullaert W, Joro T. Logistic efficiency through horizontal cooperation: the case of flemish road transportation companies. International Journal of Logistics Research and Applications. 2010;13(3):161-78. ISSN 0924-7815.
10. Andrejić M, Kilibarda M. The efficiency of fleets in serbian distribution centres.2012 En: Olympus International Conference on Supply Chains. Thessaloniki, Greece. Department of Logistics of ATEI Thessaloniki. p. ISBN DOI [Citado Disponible en: <http://www.econ.ihu.edu.gr/index.php/en/news/262-2nd-olympus-international-conference-on-supply-chains-icsc-2012.html>].
11. Andrejić M, Kilibarda M. The problems of measuring efficiency in logistics.2012 En: 1st Logistics International Conference. Belgrade, Serbia. FMSK. p. ISBN 978-9940-575-11-3.
12. Andrejić M, Kilibarda M. A framework for measuring and improving efficiency in distribution channels. International Journal for Traffic and Transport Engineering. 2016;6(2). ISSN 1671-1637. DOI 10.7708/ijtte.2016.6(2).02.
13. Lapre ´ MA, Scudder GD. Performance improvement paths in the U.S. Airline industry: Linking trade-offs to asset frontiers. Production and Operations Management. 2004;13(2):123-34. ISSN 1059-1478.
14. Deng C, Wang J, Zheng W. Layout optimizing of public bicycle stations based on ahp in wuhan. Applied Mechanics & Materials. 2015 (737):896-902. ISSN 1662-7482. DOI [10.4028/www.scientific.net/AMM.737.89](http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.737.89).
15. Redmer A. Strategic vehicle fleet management - the composition problem. LogForum. 2015;11(1): 119-26. ISSN 1895-2038. DOI 10.17270/J.LOG.2015.1.11.
16. Trompet M, Anderson RJ, Graham DJ. Variability in comparable performance of urban bus operations. Transportation Research Record. 2009. [Citado: 3 de septiembre del 2017]; 0361-1981:177-84. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/245563135>. ISSN. [10.3141/2111-20](https://doi.org/10.3141/2111-20) [10.3141/2111-20](https://doi.org/10.3141/2111-20).
17. Alves RT, al. e. Análise técnica e de custos do transporte de madeira com diferentes composições veiculares. Revista Árvore. 2013 (37):897-904. ISSN 0100-6762.
18. COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN NC/CTN 45. Transporte automotor—servicio de transportación de pasajeros y cargas—términos, definiciones, símbolos y métodos de cálculo. NC 947: 2013. La Habana: Oficina Nacional de Normalización; 2013.
19. Coyle J, Novack R, Gibson B. Transportation: Global supply chain perspective. 8 ed. Boston (EEUU): Cengage Learning; 2015. ISBN 978-1-133-59596-9.
20. Everitt BS. The analysis of contingency tables. Sl.: CRC Press; 1992. ISBN 9780412398506
21. Feo Valero M, García Menéndez L, Garrido Hidalgo R. Valuing freight transport time using transport demand modelling: A bibliographical review. Transport Reviews. 2011;31(5):625-51. ISSN 0144-1647.

22. Goel A. A mixed integer programming formulation and effective cuts for minimising schedule durations of australian truck drivers. *Journal of Scheduling*. 2012;15(6):733-41. ISSN 1099-1425.
23. Kochnov N, Basté J. Reparación de los automóviles. La Habana, Cuba: EMPSES; 1986.1 ISBN 959-05-0411-6
24. Landis J, Koch G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977 (33):159-74. ISSN 1541-0420.
25. Matos Ramírez N, García Cisneros E. Evaluación técnica y de explotación de los camiones en la transportación de la caña. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 2012 (21):30-3. ISSN 2071-0054.