

Medición Sistémica del Desempeño en el Transporte de Carga con GPS

Investigación

M.A.T. Adrián E. Elizalde Medrano, Dr. Jorge Rojas Ramírez, Dr. Ricardo Tejeida Padilla
Instituto Politécnico Nacional, México
E-mail: elizalde05@yahoo.com.mx, jrojasr@ipn.mx, rtejeidap@ipn.mx

Resumen

En esta investigación se desarrolla un modelo de medición del desempeño con enfoque sistémico. El estudio es realizado para el caso de una empresa transportista de carga en México, al mejorar su desempeño con la tecnología de posicionamiento global GPS. El desarrollo de esta medición se basa en la teoría del desempeño de los sistemas. El modelo se diseña de modo que considera tres escenarios: (a) el real, que considera las variables de desempeño observadas en el sistema bajo estudio, (b) el posible, que modifica las variables anteriores suponiendo que los recursos trabajan ininterrumpidamente, y (c) el potencial, que adicionalmente remueve limitaciones para establecer el sistema viable. Tras la aplicación al caso, se comprueba que la mejora del sistema por la adopción del GPS se refleja en el modelo por los índices de productividad, latencia y desempeño, al mostrar un cambio de 41.48% a 53.75%.

Palabras clave: Enfoque de sistemas, modelo de medición del desempeño, sistema de posicionamiento global GPS, sistemas de transporte de carga.

Abstract

In this research work a model for performance measurement with systemic approach is developed. The study is carried out for the case of a trucking enterprise in Mexico, when its performance is improved with GPS technology. The base for the measurement model is the systems performance theory. The model is designed to consider three scenarios: (a) the actual, using the performance variables observed from the system under study, (b) the capable, in which the previous variables are modified considering a continuous resources operation, and (c) the potential, in which the constraints are further removed to set the viable system. After application of the model to the case, it is proved that the system improvement by adopting GPS is reflected by the model in productivity, latency, and performance indexes, showing a change from 41.48% to 53.75%.

Key words: Systems approach, performance measuring model, global positioning system GPS, trucking systems.

Introducción

Cuando se incorporan avances tecnológicos a los sistemas existentes, en ocasiones se considera *a priori* que el desempeño mejora, pero esto sólo es válido si se conoce la manera de evaluar ese desempeño. En el presente artículo se aborda el diseño de un modelo de medición del desempeño aplicado a un sistema de transporte de carga que emplea el sistema de posicionamiento global (GPS) como herramienta de mejora.

Giannopoulos [1] revisa los avances en investigación en transporte de carga en Europa hacia los denominados sistemas inteligentes y concluye que en el futuro deben desarrollarse modelos y métodos para optimizar el desempeño de las operaciones, como consecuencia de la creciente disponibilidad de información proveniente de las tecnologías recientes como mensajería, el GPS o el internet a bordo.

En la ampliación de puntos de vista sobre el desempeño del transporte también surgen artículos sobre algún enfoque en particular, como el de servicio, al evaluar su desempeño. Tal es el caso de la investigación llevada a cabo en Francia por Blanquart, y Burmeister [2], en la que se establece un marco de indicadores basado en la economía del servicio. Otros temas de investigación en transporte se orientan preponderantemente hacia aspectos matemáticos, como en el caso del desempeño probabilístico para satisfacer una demanda variable y con el uso de algoritmos de redes de optimización [3].

Como parte del estudio de un caso regional en los Estados Unidos, efectuado durante más de un año sobre 2500 camiones de compañías que utilizan GPS [4], los autores sugieren establecer un programa a nivel estatal para uniformizar las medidas de desempeño, en razón de la gran cantidad de datos recolectados y del requerimiento de contar con procesamiento informático para el filtraje y la síntesis de la información relevante para las decisiones en las compañías transportistas. En un sentido similar y ante la ausencia de estándares, Thomson y Suter [5] proponen el uso específico de un conjunto de medidas de desempeño para los sistemas de transporte en apoyo de la legislación municipal, regional y estatal en ese país, para resaltar tendencias y prácticas observadas.

Ante esta panorámica aparece el interés por aplicar una visión integral en la medición del desempeño del transporte, con el sustento de modelos de la ingeniería de sistemas.

La teoría del desempeño de los sistemas desarrollada por Stafford Beer [6] es abordada para mostrar la dirección de las comparaciones dentro de una organización para establecer las consideraciones variadas que aparecen en su medición.

A partir de la teoría sistémica se propone un modelo para el desempeño de una empresa de transportación de carga del Estado de México, en el que se plantea un análisis de datos de su operación para ser integrados en un conjunto de índices. De esta manera se pueden hacer las comparaciones entre la situación inicial (el antes) y la que resulta por la incorporación de la nueva tecnología GPS (el después), dentro de tres escenarios, denominados real, posible y potencial. En el primero las variables son las originales; en el segundo se modifican éstas suponiendo para los recursos una operación continua, y; en el tercero se liberan las restricciones para establecer el sistema viable.

Los datos obtenidos de una serie de tiempo de muestra son procesados con el software ITSM2000 para el escenario posible, al aplicar el intervalo fraccional, así como para el escenario potencial, al afectarlo por la razón áurea.

En la etapa numérica subsecuente del estudio de caso, se aplica el modelo sistémico de medición del desempeño a la compañía de transportación de carga, con la explicación del procedimiento y la obtención de los resultados en el antes y el después de la implantación de la tecnología de GPS. Por último, se generan la interpretación de los resultados y las conclusiones.

Fundamentos teóricos

El sustento teórico de esta investigación abarca, por una parte, el contexto de los sistemas de transportación de carga y de GPS. Por otra, se hace necesario fundamentar, dentro del conocimiento de los sistemas, la teoría del desempeño de los mismos.

El GPS es un sistema de tecnología de vanguardia que permite ubicar un objeto receptor de señales de radio sobre la superficie de la tierra gracias a una red de 24 satélites que orbitan el planeta. Al identificar la señal del cuerpo por localizar, desde el punto de vista geométrico, basta contar con los datos de hora y proximidad a tres satélites para encontrar su posición. Con la sincronización de relojes, se puede obtener la

distancia por triangulación, denominada trilateración espacial [7]. La resolución en la ubicación del cuerpo de interés sobre la tierra es menor a 15 metros.

Su cobertura es para todo el globo terrestre, por lo que para una empresa transportista en México la tecnología del GPS está disponible. La administración de los tractocamiones de la compañía puede, desde una central de comunicaciones, recibir la información individual de cada vehículo de su flotilla y ubicarlo en el mapa de su zona de servicio. En este caso, el Estado de México y los estados de la República Mexicana que lo rodean.

Con esta mayor cantidad y, sobre todo, calidad de la información, es de esperar que mejore la administración de la empresa transportista. Muchos de los problemas que se han detectado, como viajes en vacío, demoras en tiempos de entrega o de recibo de mercancías, viajes fuera de ruta, inseguridad de la carga de los vehículos y operadores, robos, accidentes, deficiencias de planeación logística y altos costos de operación, se deberán reducir al contar con el GPS. El acceso financiero al mismo no es problemático, debido a que se cuenta con planes de arrendamiento que a los transportistas propietarios y permisionarios permiten adquirir los equipos, que pueden ser pagados con el equivalente de un viaje adicional por mes, por cada tractocamión de la compañía.

El problema planteado es el de integrar en índices el desempeño del sistema de transporte, con sustento sistémico, a partir de las variables existentes en los registros de la empresa, para comprobar esa mejora.

En complemento del fundamento formal del tema, en este apartado se construye la teoría del desempeño de los sistemas. La dinámica de las organizaciones depende de la cuantificación de su desempeño, que debe ser identificado a través de los componentes de su estructura [6]. Asimismo, el desempeño divisional abarca la viabilidad a corto y a largo plazo. No sólo la utilidad, los costos y los gastos deben ser considerados para ese análisis, sino también otros factores que son vitales para la viabilidad futura [8].

En ese orden de ideas, la viabilidad es todo aquello que está posibilitado para mantener su existencia en forma separada dentro de un entorno de homeóstasis, la cual es la estabilidad del ambiente interno de un sistema, a pesar de que éste tenga que enfrentar ambientes externos impredecibles dentro de una gran variedad existente, en donde variedad significa un número de estados posibles del sistema y es una medida de la complejidad.

El concepto de *desempeño* impregna casi todos los aspectos de la vida económica, especialmente la toma de decisiones que involucra a sistemas humanos y artificiales. Sin embargo, en ocasiones no se entienden bien las teorías y técnicas para su modelado y medición [9].

La mayor parte del conocimiento que existe sobre el desempeño y su tratamiento cuantitativo se ha desarrollado dentro de aplicaciones específicas. Las generalizaciones pueden ser difíciles de alcanzar o son de importancia aparente [10].

A manera de ejemplo, se menciona el enfoque específico de desempeño que subyace sobre la perspectiva de la productividad total, en donde se observa que existe una relación entre los recursos que entran para producir un determinado bien o servicio y los que salen del propio sistema organizacional en cuestión [11]-[15].

Algunas de las características más relevantes de la teoría del desempeño de los sistemas de Beer [6] incluyen:

- El uso consistente de un recurso para construir un modelo de todos los aspectos del desempeño de un sistema (es decir, su capacidad);
- La noción universal sobre la capacidad de desempeño para caracterizar todos los sistemas;
- El efecto no lineal, límite asociado con los recursos económicos y matemáticos (es decir, la idea de que la cantidad de disponibilidad de recursos puede exceder la cantidad que se demanda) para actuar en la interfaz del sistema-tarea.

Beer sintetizó el concepto de desempeño en los tres niveles que se señalan en la Figura 1, que expresan los alcances desde lo que existe hasta lo que es posible realizar. Estos tres niveles se detallan a continuación:

1. La cantidad *real*, *A*: Es el monto con el que se cuenta, medido directamente, bajo las condiciones presentes y las limitaciones existentes. Su horizonte de planeación es la programación táctica;
2. La cantidad *posible*, *C*: Es el monto que se tendría o que se podría obtener (aún ahora) con los recursos existentes y bajo las limitaciones existentes, si se trabajara sin interrupciones. Su horizonte está más compenetrado con la planeación por objetivos;
3. La cantidad *potencial*, *P*: Es el monto que se debería obtener para desarrollar los recursos y remover las limitaciones existentes, aunque todavía se opere dentro de las barreras o límites de lo que es conocido para considerarse como viable. Su acción se identifica más con el horizonte de la planeación normativa.

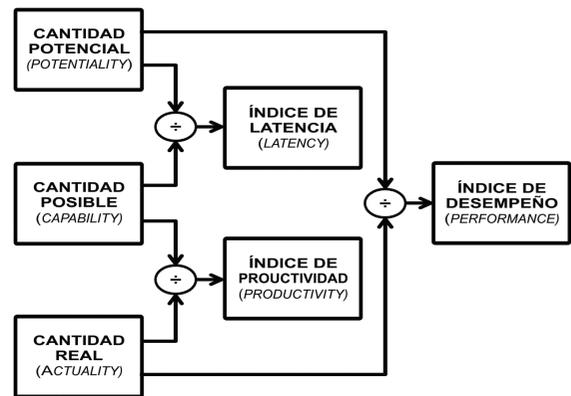


Figura 1. Modelo sistémico del desempeño.

Por otro lado, se definen los tres conceptos siguientes, utilizados en el modelo:

4. El índice de *productividad*, *R*: Es el cociente obtenido de dividir la cantidad real entre la cantidad posible, $R=A/C$;
5. El índice de *latencia*, *L*: Es el cociente obtenido de dividir la cantidad posible entre la cantidad potencial, $L=C/P$;
6. El índice de *desempeño*, *D*: Es el cociente obtenido de dividir la cantidad real entre la cantidad potencial, $D=A/P$, por lo que también puede expresarse en función de los otros índices, como $D=R \times L$, y permite obtener el indicador general de todos los factores considerados en la interacción.

Materiales y métodos

Con la intención de aplicar la teoría precedente a medir el desempeño de la compañía de transportación de carga, se sigue el método para desarrollar un modelo sistémico, en el que se puntualicen las variables de mayor relevancia para mostrar el efecto de la aplicación de la tecnología GPS.

El problema de este estudio es que lo que se expresa en el sistema son las variables económicas del flujo de efectivo y la necesidad de obtener indicadores integrales. El modelo propuesto es la respuesta a la búsqueda de un enfoque sistémico, como se explica en la mecánica de aplicación según el planteamiento de Beer.

La relación entre criterios para el análisis del desempeño se explica de la manera siguiente. Si en un sistema organizacional hay eficacia (logro de resultados) y eficiencia (uso correcto de los recursos), sus procesos cumplen las expectativas de calidad. Con esto se obtiene la productividad (relación entre los recursos que entran para producir bienes o servicios

y los que salen del sistema organizacional). Este sistema tendrá que mantener la calidad de condiciones de trabajo y la innovación, que se basan en procesos administrativos y que generan rentabilidad, que son las relaciones competitivas entre ingresos, costos y gastos para un desempeño exitoso del sistema organizacional.

De conformidad con esto, se concibe la existencia de niveles aceptables de eficacia, eficiencia y calidad, mismos que conllevan a la consecución de niveles máximos de productividad en la compañía transportista. En añadidura, se obtendrá mejor nivel de calidad en las condiciones de trabajo internamente y se adoptará el factor de innovación en todos los procesos existentes intrínsecamente.

Por otro lado, se generarán mayores niveles de rentabilidad y liquidez, que a su vez se traducirán en un índice mejorado de desempeño para todos sus aspectos en general.

Conforme a la teoría mencionada, se tienen los tres escenarios en lo relacionado a la utilidad monetaria arrojada para la empresa transportista que se estudia. Ésta es seleccionada, de un total de 250 empresas observadas en el Estado de México, que arrojaron en los últimos 5 años 62,500 datos, y por ser esta la más significativa en cuanto al tamaño de flotilla (120 tractocamiones) y a su utilidad monetaria semanal.

Primeramente, se toma la cantidad total arrojada en el análisis de indicadores numéricos de flujo de efectivo para cubrir el requerimiento de la cantidad real. En seguida, para conocer el requerimiento de la cantidad posible, se multiplica la cantidad real por el intervalo fraccional, que es el factor que resulta del análisis de la serie de tiempo calculada de la base de datos de 250 empresas (Figura 2) que fue recolectada para los años de 2008 a 2012, del caso de estudio de la compañía transportista, el cual es calculado por medio del software ITSM2000 (Figura 3) [16].

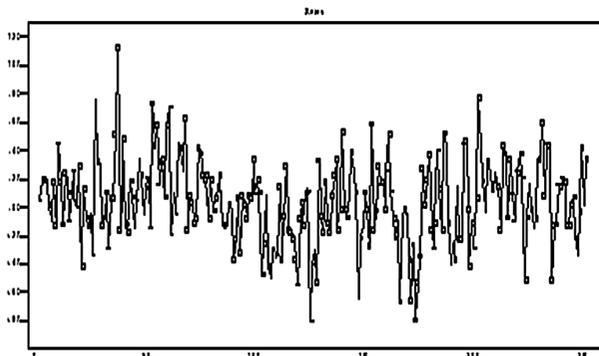


Figura 2. Gráfica obtenida del ITSM2000 de una serie de tiempo de 250 desviaciones típicas de 2008 a 2012.

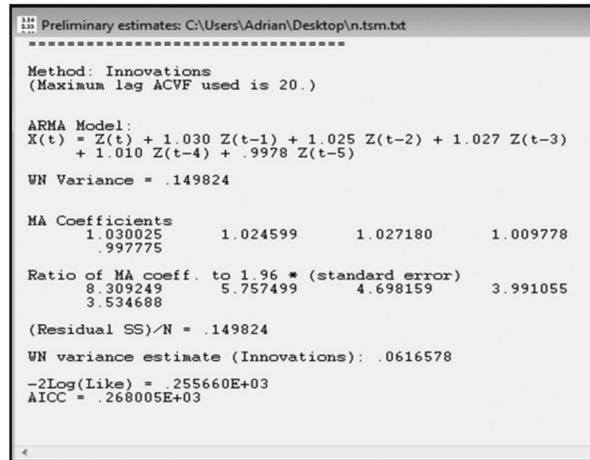


Figura 3. Reporte de resultados de la serie de tiempo con ITSM2000.

Es necesario calcular el intervalo fraccional debido a que se utiliza para conocer la autocorrelación de variables a diferentes escalas en la serie de tiempo, en lo referente a ingresos del sistema. Para efectos de este estudio se utilizó un corte transversal en los datos de despegue.

Por otro lado, para obtener el requerimiento en cantidad potencial, se utiliza como factor la razón áurea o proporción divina [17], que es un número obtenido a través de la fórmula (1).

$$\Phi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} = 1.6180 \dots \quad (1)$$

Este índice, que frecuentemente se redondea a 1.62, se ha utilizado a través del tiempo en diferentes aportes a muchos campos del arte y de la ciencia, como en la cibernética. Por ejemplo, en la metodología del *modelo de integridad* de Beer [18], cada una de las aristas de la figura icosaédrica debe medir Φ o múltiplos del mismo. Asimismo, se presume que si la razón aurea es usada en la plataforma de índices bursátiles de la Bolsa Mexicana de Valores, se obtendrá una ganancia o utilidad mínima garantizada del 60% y no redundará solamente en la línea de usura de las grandes bolsas del mundo que, generalmente rebasa mensualmente el 150% en sus rendimientos financieros [19].

La utilización del modelo se explica a continuación mediante su aplicación numérica al estudio de caso.

Resultados y discusión

Como resultado de la aplicación del modelo desarrollado al estudio de caso, en esta sección se concreta la medición del desempeño sobre los datos de la empresa transportista, tanto antes como después de emplear el GPS, para posteriormente proceder a su discusión.

La recopilación de variables se efectúa sobre aquellas en las que se observa un cambio en la operación por incorporarse la información proveniente de la comunicación satelital, que corresponden a las siguientes denominaciones.

Los gastos de servicio comprenden el uso de las telecomunicaciones (vía telefónica en el primer caso o vía satelital en el segundo), así como el pago de peajes en las casetas; los gastos de productividad incluyen las erogaciones por los viajes en vacío y los viajes fuera de ruta, el tiempo de ocio y también por demoras en los arribos para entregar o recibir mercancías; los gastos de operación se refieren al mantenimiento dado a cada tracto camión, como en el caso de los cambios de llantas; por gastos por seguridad se entiende lo correspondiente a accidentes o colisiones, a las pérdidas por robos a la carga de los vehículos y a los operadores y las ordeñas de combustible, y; los gastos de administración, que son los debidos a sueldos y salarios. Todos éstos son egresos.

En contraparte, se describe el total de ingresos, conformado por: la economía del rendimiento de combustible, que abarca los viajes promedio de la flotilla; los viajes programados, con su ganancia, y; los viajes adicionales, que resultan al aprovechar la presencia de tractocamiones en las rutas demandas.

La diferencia entre el total de ingresos y el total de egresos genera el flujo neto de efectivo.

Las variables anteriores se ven modificadas cuando la administración tiene acceso a la información proporcionada por el GPS, al tomar las decisiones en función de ésta. Se aprecia un decremento en las variables de gasto al disminuirse la incertidumbre y lograrse abatir costos en combustible, llantas, desgaste de motor y peaje, así como márgenes más altos de seguridad por robos y accidentes [20]. Se obtiene un incremento en las variables de ingreso, como en los viajes realizados, por un mejor control logístico en la flotilla [21], así como un flujo neto de efectivo más conveniente con GPS [22].

Por cada una de las variables reseñadas, se muestra en la Tabla 1 el importe obtenido en el sistema transportista; en la segunda columna lo obtenido en el sistema sin GPS, en la tercera columna lo correspondiente al sistema con GPS.

Para la obtención de los índices de desempeño mediante el modelo se procede analizar los tres escenarios descritos, de la siguiente manera.

En el escenario *real* del momento *antes* del GPS se detecta del flujo neto de efectivo como la cantidad *A*. La información de las variables del flujo de efectivo de la compañía de transporte considerada corresponde al mes de diciembre de 2010. La serie de tiempo de 250 datos se procesa en el software ITSM2000 y para el

intervalo fraccional se obtiene el factor de 0.1498. Con éste se llega a la cantidad del escenario posible *C*, de \$19,443,295.64. Y con el factor de la razón áurea Φ , de 1.6180 se alcanza la cantidad del escenario potencial *P*, de \$31,459,251.00.

Con los tres valores conocidos ahora se efectúa el cálculo para obtener el índice de productividad $R=0.6712$, el de latencia $L=0.6180$ y, finalmente, el de desempeño $D=0.4148$, que se muestran en la segunda columna de la Tabla 2.

VARIABLES RELEVANTES EN EL SISTEMA	IMPORTE TOTAL SIN GPS	IMPORTE TOTAL CON GPS
Gastos de Servicio	\$26,175.00	\$13,500.00
Gastos de Productividad	\$1,681.49	\$0.00
Gastos de Operación	\$56,200.00	\$56,200.00
Gastos por Seguridad	\$3,750,000.00	\$750,000.00
Gastos de Administración	\$292,500.00	\$37,200.00
Total de Egresos	\$4,126,556.49	\$857,200.00
Economía del Rendimiento de Combustible	\$3,000,000.00	\$6,000,000.00
Viajes Programados	\$14,177,500.00	\$14,177,500.00
Viajes Adicionales	\$0.00	\$4,253,250.00
Total de Ingresos	\$17,177,500.00	\$24,430,750.00
Flujo Neto de Efectivo	\$13,050,943.51	\$23,573,550.00

Tabla 1. Variables de flujo de efectivo en el sistema de transportación de carga sin y con GPS.

Al proceder de manera análoga con los datos de la situación del *después* del GPS implementado, se alcanzan los valores de la tercera columna de la misma Tabla 2. Los índices para este caso son $R=0.8697$, $L=0.6180$ y $D=0.5375$, para la productividad, la latencia y el desempeño, respectivamente.

En la Figura 4 se aprecia gráficamente la comparación de las cantidades asociadas a cada uno de los tres escenarios. En tanto, en la Figura 5 se lleva a cabo lo propio para los tres índices de desempeño expresados en el modelo.

Los resultados permiten confirmar que la implementación de la tecnología GPS en el sistema de transporte de carga analizado, efectivamente coadyuva al mejoramiento de su desempeño. El índice general de desempeño *D* señala numéricamente un aumento porcentual de 41.48% a 53.75%.

CONCEPTO	VALOR EN EL SISTEMA SIN GPS	VALOR EN EL SISTEMA CON GPS
Cantidad Real, <i>A</i>	13,050,943.51	23,573,550.00
Cantidad Posible, <i>C</i>	19,443,295.64	27,104,867.79
Cantidad Potencial, <i>P</i>	31,459,251.00	43,855,674.40
Índice de Productividad, <i>R</i>	0.6712	0.8697
Índice de Latencia, <i>L</i>	0.6180	0.6180
Índice de Desempeño, <i>D</i>	0.4148	0.5375

Tabla 2. Comparación entre resultados obtenidos.

Adicionalmente se visualiza que el índice de latencia conserva su valor, en tanto que el de productividad aumenta de 67.12% a 86.97%, con el significado de que en el horizonte de la planeación normativa es posible trabajar en la remoción de limitaciones para impulsar aún mayores niveles de desempeño en el largo plazo.

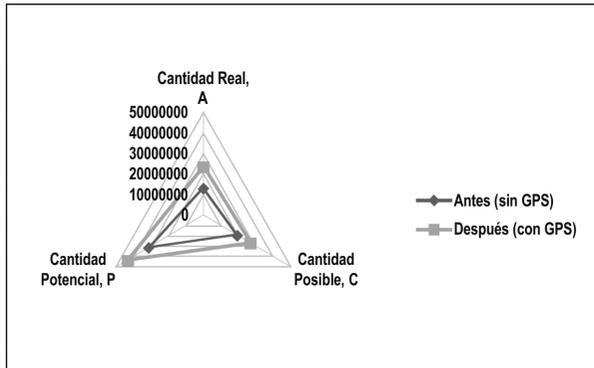


Figura 4. Comparación de los tres escenarios por la implementación del GPS.

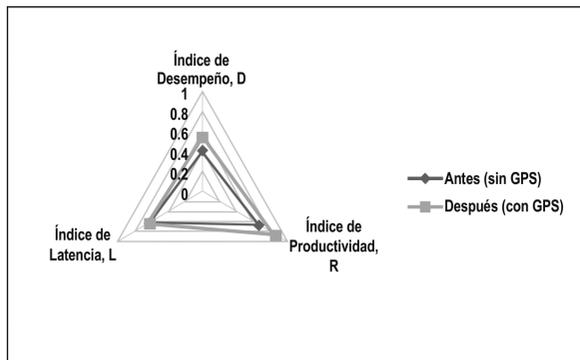


Figura 5. Comparación de los tres índices por la implementación del GPS.

Conclusiones

Con base en la aplicación del modelo de medición de desempeño antes y después de la implementación del sistema GPS en la empresa de transportación de carga analizada se desprenden los siguientes comentarios conclusivos.

Después de la revisión de literatura sobre el tema, resalta la carencia de estándares para uniformizar la medición del desempeño en estos sistemas. En este sentido, la necesidad se orienta hacia la propuesta sistémica de los indicadores, para evitar sesgar la información.

Se confirma que la tecnología de comunicación satelital GPS mejora el desempeño de la empresa, tanto al dotar a la administración una información más completa y confiable de la ubicación de los tractocamiones que la integran, con lo que sus decisiones inciden en la mejora del valor de las variables de medición económica en el corto plazo y también señalan el rumbo de las decisiones de largo plazo hacia una mejora por la liberación de restricciones.

Dado que el modelo propuesto para medir el desempeño tiene como sustento a la teoría de sistemas, toma en consideración una mayor cantidad de elementos en interacción, con lo que las decisiones de la administración resultan mejor sustentadas en información objetiva. Al proceder de esta manera, al administrador de un sistema de transporte que emplea GPS, con el modelo se proporciona un recurso de fácil comprensión y gran utilidad para la evaluación del desempeño.

Con el modelo desarrollado se plantea la manera de obtener las cantidades de escenarios posible y potencial, a partir de las cantidades reales, con el procesamiento de los datos de serie de tiempo y los factores, respectivamente, de intervalo fraccional y razón áurea.

Se acentúa la trascendencia que el uso del modelo sistémico para la medición del desempeño tendrá si se considera para la gestión de su mejora, por conducto de los transportistas y permisionarios que dirigen las compañías de transportación de carga y de las instancias gubernamentales de control, como la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la corporación Satélites Mexicanos Satmex o la Cámara Nacional del Autotransporte de Carga Canacar.

Además, se recomienda difundir con su aplicación este tipo de modelos y metodologías con el fin de interpretar las situaciones complejas de los fenómenos en una forma más simple y robusta.

Referencias

- [1] Giannopoulos, G. A., (2009), "Towards a European ITS for Freight Transport and Logistics: Results of Current EU Funded Research and Prospects for the Future", *European Transport Research Review*, vol. 1, no. 4, pp. 147-161.
- [2] Blanquart, C. & Burmeister, A., (2009), "Evaluating the Performance of Freight Transport: A Service Approach", *European Transport Research Review*, vol. 1, no. 3, pp. 135-145.

- [3] Lin, Y.-K., (2012), "Performance Evaluation for a Transportation System in Stochastic Case", *Computers and Operations Research*, vol. 39, no. 8, pp. 1901-1908.
- [4] Ma, X., McCormack, E. D. & Wang, Y., (2011), "Processing Commercial Global Positioning System Data to Develop a Web-Based Truck Performance Measures Program", *Transportation Research Record*, no. 2246, pp. 92-100.
- [5] Thompson, R. & Suter, S., (2012), "Development of Standard Performance Measures for Transportation Demand Management Programs", *Transportation Research Record*, no. 2319, pp. 47-55.
- [6] Flood, R. L. & Jackson, M. C., (1991), *Creative Problem Solving: Total Systems Intervention*, Wiley, Chichester.
- [7] Kaplan, E. D. & Hegarty, C. J. (eds.), (2006), *Understanding GPS: Principles and Applications*, 2a ed., Artech House, Norwood, MA.
- [8] Espejo, R. & Harnden, R. (eds.), (1989), *The Viable System Model: Interpretations and Applications of Stafford Beer's VSM*, Wiley, Nueva York.
- [9] Bernolack, I., (1976), "Enhancement of Productivity through Interfirm Comparisons: A Canadian Experience", en *Improving Productivity through Industry and Company Measurement*, pp. 55-59, U. S. Government Printing Office, Washington D. C.
- [10] Sumanth, D. J., (1997), *Ingeniería y Administración de la Productividad*, McGraw-Hill, México.
- [11] Crandall, N. F. & Wooton, L. M., (1978), "Development Strategies of Organizational Productivity", *California Management Review*, vol. 21, no. 2, pp. 37-46.
- [12] Goodwin, H. F., (1968), "Improvement Must be Managed", *Journal of Industrial Engineering*, vol. 19, no. 11, pp. 538-543.
- [13] Hershauer, J. C. & Ruch, W. A., (1978), "A Worker Productivity Model and its use at Lincoln Electric", *Interfaces*, vol. 8, no. 3, pp.80-90.
- [14] Sutermeister, R. A., (1976), *People and Productivity*, 3a ed., McGraw-Hill, Nueva York.
- [15] Stewart, W. T., (1980), "A Productivity Improvement Strategy at the Firm Level", en *Manufacturing Productivity Frontiers*, pp. 20-27, Illinois Institute of Technology, Chicago, IL.
- [16] Brockwell, P. J. & Davis, R. A., (2002), *Introduction to Time Series and Forecasting*, 2a ed., Springer, Nueva York.
- [17] Huntley, H. E., (1971), *The Divine Proportion*, Dover, Nueva York.
- [18] Beer, S., (1994), *Beyond Dispute: The Invention of Team Syntegrity*, Wiley, Chichester.
- [19] Sharpe, W. F., Alexander, G. J. & Bailey, J. V., (1999), *Investments*, 6a ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- [20] Stevens, A., Inaudi, D. & Zackor, H., (1995), "Implementation Aspects of Road Transport Telematic Systems", en *Towards an Intelligent Transport System*, ERTICO (ed.), vol. 6, pp. 3170-3180, Artech House, Boston, MA.
- [21] O'Flaherty, C. A. (ed.), (1997), *Transport Planning and Traffic Engineering*, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- [22] Reimers, A., (2000), "Análisis Técnico Financiero de la Corporación de Radio Determinación S. A. de C. V. MOVILSAT", Dirección General de C.N.R., México.

Recibido: 27 de octubre de 2012

Aceptado: 17 de abril de 2013