

METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE COSTOS EN EL SERVICIO DE TRANSPORTE DE COMBUSTIBLES LIVIANOS: HERRAMIENTA ÚTIL PARA NEGOCIACIÓN DE PRECIOS

María E. Rodríguez*¹; Milagros Rolón; Víctor C. Tucci¹; María A. Rodríguez²

¹Facultad Regional Santa Fe–Universidad Tecnológica Nacional, Lavaisse 610, 3000, Santa Fe, Santa Fe, Argentina.

²IPQA (CONICET-UNC), Vélez Sarsfield 1611, Córdoba, Córdoba, Argentina

**Autor a quien se debe dirigir la correspondencia
mrodriguez@frsf.utn.edu.ar*

RESUMEN

En un mercado complejo y en constantes cambios, se requiere que la gestión de las empresas de transporte, redefinan continuamente sus herramientas y métodos, a fin de determinar y negociar los precios de transporte con los proveedores. Para lograrlo, la gestión debe obtener información consistente y precisa en los datos de costos. El propósito de este estudio es presentar una metodología de costeo completo, una herramienta de estimación de costos para la venta de combustibles livianos desde las refinerías a las estaciones.

Uno de los principales desafíos al considerar un modelo de costeo completo es estimar el volumen total del negocio para distribuir los costos fijos y obtener el costo unitario. En este artículo, se propone una técnica alternativa detallada para determinar el volumen del negocio cuando se debe calcular el costo de un viaje determinado.

Este trabajo se basa en un caso de estudio de una refinería nacional, localizada en San Lorenzo, provincia de Santa Fe, Argentina, destacándose los siguientes resultados: distancias mensuales para cada distancia destino, costos

mensuales para cada distancia mensual recorrida según cada destino, costos variables y fijos mensuales y la estructura del costo unitario.

Palabras Clave: modelo de costos; costeo completo; toma de decisiones; combustibles livianos.

ABSTRACT

In a complex and ever-changing market, it is required that transport company's management to refine continually its control tools and methods in order to determine and negotiate transportation prices with providers. In order to achieve this objective, management must obtain reliable and precise information on costs data. The purpose of this study is to present a Full-Cost methodology, a cost estimation tool for light fuels retailing from the refineries to gas stations.

One of the main challenges when a Full-Cost Model is considered is to estimate the total business volume in order to distribute the fixed costs to the unit cost. In this article, an alternative detailed technique is proposed to determine

the trading volume when the cost of a given trip must be calculated.

This paper is based on a case of study from a national refinery. The company is located in San Lorenzo, Santa Fe province from Argentina. The obtained results are: monthly distances for each refinery-destination distance, monthly costs per

monthly distances, monthly variable costs and monthly fixed costs per distance and unit cost matrix.

Key Words: cost model; full costing; making decisions; light fuels.

INTRODUCCIÓN

El costo de combustible en la economía de un país es bien reconocido, y una mayor parte de éste se genera cuando es transportado desde la producción a los consumidores. Es entonces crucial una gestión de la distribución eficiente a fin de minimizar dichos costos y se deben implementar nuevas tecnologías de gestión para determinar objetivos claros y medidas de resultados. Solo aquellas compañías que manejen efectivamente sus actividades y técnicas de control de gestión serán capaces de competir y sobrevivir en el mercado actual.

Es necesaria información precisa y confiable para un efectivo control de gestión. Si bien los datos de costos logísticos son información fundamental para la gestión de la cadena de suministro, (Askarany et al., 2010; Hansen et al., 2014) supply chain management (SCM, muchas compañías carecen de estimaciones de costos apropiadas. En particular, los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP) no ofrecen mediciones apropiadas de los costos de transporte. Sin embargo, conocer los costos de distribución es indispensable para evaluar la performance de los sistemas logísticos (Jane, 2011; Niu et al., 2014) y juegan un rol relevante en las economías de hoy. En Estados Unidos, por ejemplo, un porcentaje importante del producto bruto interno (PBI) es representado por actividades de transporte y el almacenaje (Tsao y Lu, 2012).

De acuerdo con la Guía Internacional de Buenas Prácticas (International Good Practice Guidance –IGPG), la evaluación y mejora en el costeo de las organizaciones es un tema relevante debido a que ayuda a entender las operaciones y decisiones de gestión, permite conocer cómo la empresa crea valor, constituye la base para mediciones operacionales, facilita detectar actividades que no agregan valor y permite el desarrollo de análisis de sensibilidad, entre otras (International Federation of Accountants (IFAC), 2009).

Las decisiones en transporte y sus costos pueden afectar el diseño de la cadena de suministro. Por esta razón, numerosos trabajos de investigación estudian los costos de transporte desde diferentes perspectivas. Sahin et al. (2009) propone un método para determinar la capacidad óptima del transporte de pasajeros y de carga, y el modo apropiado de transporte, considerando múltiples costos involucrados.

Forkenbrock (2001) presenta una comparación entre dos modos de transporte (tren y camión) y evalúa los costos externos asociados. En el caso de la cadena de suministro del transporte de madera para energía, Tahvanainen y Anttila (2011) investigan los costos y enfatizan el uso del tren en comparación con el camión de larga distancia. También Gonzales et al. (2013) analizan el impacto del tren, el camión y barcas en los costos de distribución de biomasa.

Pueden ser aplicadas diferentes técnicas para estimar los costos de transporte. El reconocido método de costeo basado en actividades (ABC) ha sido aplicado por Baykasoğlu y Kaplanoğlu (2008) para una compañía de transporte. Ha sido utilizado también en pequeñas y medianas empresas (Gunasekaran et al., 1999; Gunasekaran y Singh, 1999), como en organizaciones multinacionales (Liu y Pan, 2007), en industrias manufactureras (Gunasekaran y Sarhadi, 1998), y en procesos de ensamble de productos (Tsai, 1996). Además, se ha utilizado para asignar costos de ventas y mejorar la función de marketing (Dickinson y Lere, 2003). Sin embargo, los costos de implementación del costeo ABC pueden llegar a ser elevados, especialmente en compañías pequeñas de distribución minorista. Por tal motivo, algunos autores recomiendan el ABC basado en el tiempo (Time Driven ABC) para simplificar el proceso de implementación y disminuir los costos asociados (Somapa et al., 2012).

Aplicando un enfoque diferente, Ozbay et al. (2007) analizan métodos alternativos para la estimación de costos marginales totales en el transporte terrestre.

Marufuzzaman et al. (2015) compara el costo de dos modos alternativos del transporte de aguas residuales usando el modelo de costeo completo. Una herramienta de precios basada en costos es propuesta por Bø y Hammervoll (2010) en una industria mayorista de comestibles. Estos autores proponen una plantilla Excel para determinar el precio del servicio de transporte para un mayorista noruego.

La gestión de costos es la clave para proveer información de costos para uso interno a fin de utilizar las características, recursos y operaciones reales de las compañías, y entonces dar soporte a la toma de decisiones. (The Association of Accountants and Financial Professionals in Business (IMA), 2014).

Además, facilita un análisis económico de los recursos usados para conectar las causas y efectos de la performance del negocio. Guía a los gerentes a entender el pasado y los planes futuros de acciones, optimizando el logro de los objetivos estratégicos de la empresa.

Un sistema de gestión de costos persigue los siguientes objetivos: calcular costos y márgenes generados por los actores del proceso productivo, establecer márgenes de productos comerciales e industriales a fin de facilitar la implementación de políticas productivas y comerciales, proveer de información necesaria para el planeamiento y control de la actividad interna de la compañía.

Los destilados primarios de petróleo crudo son indispensables para el transporte, los usos industriales y residenciales. Por lo tanto, este producto básico es el más comercializado a nivel mundial (Alizadeh y Nomikos, 2004). En este contexto, la venta minorista de combustibles livianos juega un papel importante en la logística de la cadena de suministro. Sin embargo, hasta donde se tiene conocimiento, en la literatura previa no se ha abordado un modelo de costo completo para el comercio minorista de combustibles livianos.

En la mayoría de las empresas, el servicio de transporte es una de las principales actividades subcontratadas en el sector logístico debido principalmente al ahorro de costos pero también por una mayor flexibilidad de servicio (Solakivi, et al., 2013).

Cuando se utiliza un tercero para proporcionar el servicio de transporte, la empresa de transporte necesita una herramienta de fijación de precios basada en los costos de transporte a fin de respaldar la negociación de precios con los transportistas. Con este propósito, se desarrolla en este artículo un modelo de costeo completo.

Uno de los principales desafíos a considerar en este modelo es estimar el volumen total del negocio para distribuir los costos fijos y así obtener el costo unitario. Por lo tanto se propone una técnica alternativa detallada para determinar el volumen del negocio cuando se debe calcular el costo de un viaje determinado. Esto significa que el costo unitario por kilómetro depende de la distancia recorrida, lo que brinda más precisión al cálculo de costo. Además, dado que este trabajo se basa en una operación comercial real, se considera el consumo detallado de recursos en este enfoque, lo que mejora la precisión de los costos determinados.

Basados en estos costos estimados tanto quien contrate el transporte como las empresas proveedoras pueden negociar y determinar los precios de transporte para cada destino. Además esta herramienta de análisis permite a las empresas: determinar la incidencia de cada componente del costo en la estructura de costo total, facilitar el estudio de sensibilidad de las variables más relevantes, recomendar lineamientos para desarrollar estrategias de reducción de costos, ofrecer una base racional para la toma de decisiones.

Este trabajo es organizado de la siguiente manera: en la introducción se describe el problema considerado y las características específicas que deben ser tenidas en consideración en el diseño del sistema de costos para el servicio de transporte de combustible, en el desarrollo se explica la metodología y las ecuaciones propuestas para la estimación de costos, la sección de resultados se plantea el caso de estudio de una empresa local que utiliza el método y finalmente, se establecen las principales conclusiones.

Descripción del problema

La refinería convierte al petróleo crudo en productos comercializables (combustibles livianos y lubricantes). Llevar los combustibles livianos de las refinerías directamente al consumidor es una tarea compleja.

En ausencia de cualquier centro intermedio de almacenamiento sería necesaria una gran cantidad de camiones cisterna que cubran enormes distancias todos los días.

El transporte de combustibles livianos, por ejemplo de nafta, diésel, kerosene, entre otros, presenta características específicas con respecto a la gestión logística que restringen el consumo de recursos y la estructura de costos correspondiente. Estos aspectos pueden resumirse de la siguiente manera:

- En general, las compañías de transporte, frecuentemente negocios pequeños, proveen el servicio a una única refinería. Ésta tiene un mayor poder de negociación (con respecto, por ejemplo, al precio del transporte por kilómetro), manteniendo una relación desigual con las primeras.
- En cuanto a la ruta de distribución, el camión de combustible sale de la refinería con una carga completa y vuelve completamente vacío. Puede realizar descargas del combustible en las diferentes estaciones de acuerdo con la capacidad del tanque, porque interiormente éste se encuentra dividido.
- Los tiempos de carga y descarga en el almacenamiento a granel de la refinería y el destino, respectivamente, pueden considerarse constantes. Estos tiempos representan una pérdida de ganancia para la compañía de distribución que rara vez es reconocida por la refinería.

- El tiempo completo para la facturación está compuesto por el tiempo de distribución, es decir, el de recorrer la ruta de refinería-destino-refinería, el tiempo de carga y descarga, que representa un tiempo muerto.
- Se asume un tiempo promedio constante por mes para el servicio de distribución considerando que este valor representa una medida de capacidad del negocio.
- Las rutas cortas permiten mayor cantidad de viajes por mes.
- Teniendo en cuenta que los tiempos de inactividad están directamente relacionados con el número de entregas, se puede recorrer una distancia total menor comparando viajes cortos con viajes largos, porque el tiempo disponible es menor en este caso para la distribución propiamente dicha.
- Los costos fijos son constantes por vehículo y por mes, de modo que el impacto de estos costos está asociado a la distancia total que se puede facturar. Esto significa que las distancias más largas permiten menores costos por kilómetro. Además, los viajes cortos son más costosos debido a que el tiempo de inactividad implicado permite una menor distancia total por mes.
- La velocidad promedio es menor en el caso de viajes de corta distancia, debido a la mayor incidencia de rutas urbanas en la distancia total. Esto también conduce a una reducción en los kilómetros mensuales posibles para viajar y facturar.
- Los recursos variables representan un costo constante por kilómetro.
- Los recursos fijos representan un costo constante por mes y su valor por kilómetro varía según el total de kilómetros por mes.

En el transporte de combustibles livianos, como en cualquier compañía, el objetivo general de la gestión de costos es lograr una supervivencia competitiva. Como los impuestos también son un gran componente del precio del combustible, los gobiernos que administran los costos de manera efectiva pueden mantener impuestos más bajos o más altos en esta industria, de acuerdo con sus necesidades urgentes.

La estructura de costos de la distribución minorista de combustible es diferente para largas o cortas distancias. Los costos fijos son más representativos para distancias cortas y disminuyen en proporción cuando las distancias son más largas.

Como resultado, para lograr una estrategia y tomar decisiones, los costos requieren ser manejados como una herramienta de gestión. La performance de la compañía solo se puede evaluar adecuadamente con un buen conocimiento de los costos de la empresa.

Por lo tanto, considerando las características de la distribución del combustible, se propone en este trabajo una herramienta de gestión detallada que determina los costos de transporte y permite mejorar la operación de la compañía.

DESARROLLO

Guía de gestión de costos

La guía de gestión de costos ayuda a distinguir entre la contabilidad de costos para la presentación de informes externos, donde se informa la performance histórica, y el cálculo de costos para las decisiones que fomentan las mejoras en las organizaciones. La medición de costos tiene un amplio

alcance que abarca tres áreas principales: Contabilidad de costos, Análisis y Evaluación de costos y Soporte de planeamiento y decisiones (Federación Internacional de Contadores (IFAC), 2009).

El enfoque del costeo completo propuesto en este artículo se centra en la segunda y tercera áreas, donde las decisiones de la administración interna se toman en cuenta integrando costos y medidas de desempeño operacional, así como el análisis de procesos que a su vez, ayudan en la presupuestación basada en costos, negociación de precios con proveedores y pronósticos. La metodología para desarrollar el sistema de costos presentada en este trabajo ha seguido un conjunto de principios clave propuestos por la Federación Internacional de Contadores (IFAC, 2009):

- *Importancia de los costos para una buena gestión financiera:* Un elemento clave para entender cómo la empresa genera valor se basa en la capacidad de identificar, medir, analizar y determinar los costos en el flujo económico de bienes y servicios. En el caso presentado, los diferentes recursos consumidos en el servicio de transporte se identifican y se miden en detalle teniendo en cuenta las etapas comprometidas para analizar cómo se crea el valor mientras se realiza el servicio.
- *Idoneidad para el propósito:* El uso y el contexto deben guiar la preparación de la información del costeo completo. En este artículo la información de costos se muestra de tal manera que ayuda a los gerentes a comprender cómo se consumen los recursos, así como a identificar el efecto del curso futuro de las acciones o las posibles modificaciones de los parámetros que puede realizar un análisis de sensibilidad (“qué pasa si”).
- *El modelo de negocio y la realidad:* Los modelos de costos deben mostrar las interrelaciones de causa y efecto entre las entradas y salidas y representar la dinámica de las funciones de la organización. Por lo tanto, se consideran los conocimientos particulares sobre el negocio de combustible al por menor. Las regulaciones estatales, así como las prácticas operativas habituales se tienen en cuenta para definir ecuaciones de costos y parámetros. Por ejemplo, se consideran costos laborales complejos y diferentes velocidades de transporte según la distancia de viaje, entre otros.
- *Materialidad y la rentabilidad:* Se requiere un equilibrio entre el nivel de precisión y el costo de alcanzarlo, es decir, el costo de la información debe ser menor que su beneficio. Este compromiso se tiene en cuenta en este artículo al considerar que los datos requeridos están disponibles por la empresa a través del sistema de información y la base de datos.
- *Comparabilidad en el tiempo y la coherencia:* Con el fin de garantizar la coherencia en la información de costos, los datos han sido recopilados durante un año de la operación de la empresa y han sido analizados sistemáticamente. Por lo tanto, se normalizan los parámetros utilizados en el sistema de costeo completo propuesto.
- *Transparencia y la auditabilidad:* Están garantizadas cuando la información del costeo completo, por ejemplo las ecuaciones de costo y fuentes de datos, está disponible para usuarios y gerentes. Por otro lado, deben tenerse en cuenta las regulaciones especiales del mercado de combustible minorista, por ejemplo, el nivel de llenado en los tanques, etc.

Las ecuaciones y los datos en el artículo propuesto son expuestos y se explican en la siguiente sección.

Software de gestión

Para el análisis de costos relacionados al transporte de combustibles livianos se ha desarrollado e implementado un software en una refinería local de Argentina. Específicamente, la versión del Java (herramientas de desarrollo o “Java development Kit”) usada para el desarrollo del software es j2sdk v1.4.2.02 y la versión del entorno Eclipse es SDK-3.0.1.

El número total de clases desarrolladas es aproximadamente 160 y el tamaño del código fuente 35MB (no compilado). El desarrollo requirió del uso de softwares externos, tales como JFreeChart para la generación de reportes, MySql v3.23.0, MySql Connector and Hibernate ORM para la base de datos y su conexión a Java, y Xalan (Parser XML) para la lectura de planillas de cálculo.

Algunos desafíos en el desarrollo de software fueron el proceso de backups y configuración de historiales con la posibilidad de setear el sistema a una fecha específica. Esto es, hoy 15 de junio se puede configurar el sistema al 10 de mayo (por ejemplo) y trabajar con los datos exactos que existían para esa fecha. Por otro lado, otro desafío fue programar las ecuaciones como reglas comerciales *on the fly*, es decir, se puede modificar cualquier fórmula asociada a una celda y el sistema reacciona a ese cambio sin necesidad de recompilar la aplicación.

Ecuaciones del modelo

El modelo de costeo completo aplicado en este artículo considera costos fijos y variables en el costo unitario. Los parámetros usados en esta sección asumen un conjunto de condiciones operacionales de los vehículos. Por lo tanto, el gerente puede modificarlos en el caso en que un escenario diferente deba ser tenido en cuenta.

Costos variables relacionados a la distancia recorrida (vc1)

Costo de combustible por kilómetro: se calcula en la Ec. (1), considerando el consumo promedio de combustible y su precio por litro (pf). Este consumo promedio se determina en litros/km, suponiendo una cantidad requerida de combustible diferente por km si el camión está lleno (qff) que la de si está vacío (qfe). Se considera que el camión se llena en la planta y se envía a la estación de servicio donde se descarga por completo y finalmente regresa vacío a la planta.

$$cf = \frac{1}{2}(qfe + qff) \cdot pf \quad (1)$$

Costo de lubricación: la Ec. (2) determina el costo de lubricación considerando el consumo de lubricante en cada servicio (ql), el precio del lubricante (pl) y el costo de mano de obra (llc). Ambos costos se suman y se dividen por la distancia sugerida entre las lubricaciones (DI).

$$cl = (ql \cdot pl + llc) / DI \quad (2)$$

Costo de filtros: En la Ec. (3) se incluyen tres tipos de filtros f : de aceite, de combustible y de aire. El costo tiene en cuenta el precio del filtro (pf_i) más el de mano de obra requerido para cambiarlo (flc_f), que se divide por la distancia sugerida para cambiar los filtros (Df_f).

$$cfi = \sum_f \frac{(pf_i + flc_f)}{Df_f} \quad (3)$$

Costo de recapado de neumáticos: en las Ec. (4) y (5) se calcula para el trailer (pct) y el semiremolque (pcs), respectivamente. El costo para el trailer se divide en dos partes considerando las cubiertas delanteras y las traseras (se asume que a las delanteras no se permite recapar mientras que las traseras sí). La primera considera el número de cubiertas delanteras (qd) multiplicado por la suma del precio de la cubierta (tp), el de la cámara (pa) y del protector (pp), que es dividida por el tiempo de vida útil del neumático sin recapar (uln). La segunda parte considera el número de cubiertas traseras (qt) multiplicado por la sumatoria previamente mencionada más el número de recapados por cubierta (qr) por el precio de recapado (rp). Luego se divide por el tiempo de vida útil sin recapar (uln) más la vida útil de recapado (ulr) multiplicado por el número permitido de recapados. En la Ec. (5), se asume que todos los neumáticos pueden recaparse. Se multiplica el número total de neumáticos (N) por la suma del precio de la cubierta (tp), el de la cámara (pa), el del protector (pp) y el número de recapados por cubierta (qr) por el precio de recapado (rp). Luego se divide por el tiempo de vida útil sin recapado (ulm) y el tiempo de vida útil del recapado (uls) multiplicado por el número de recapados permitidos.

$$pct = qd \frac{(tp+pa+pp)}{uln} + qt \frac{(tp+pa+pp+rp \cdot qr)}{(uln+ulr \cdot qr)} \quad (4)$$

$$pcs = N \frac{(tp+pa+pp+rp \cdot qr)}{(ulm+uls \cdot qr)} \quad (5)$$

Costos de reparación de material rodante: se calcula en la Ec. (6) considerando el costo fijo por mes (mcr), el cual se divide por la distancia mensual promedio (ral). Los costos fijos mensuales consideran los materiales y el personal para las operaciones de reparación ordinarias y extraordinarias.

$$cr = \frac{mcr}{ral} \quad (6)$$

Costos de limpieza y lubricación: este costo cc es definido por la Ec. (7). Su valor se calcula considerando los costos fijos de la actividad (cci) dividido por la distancia promedio en km, entre cada limpieza y lubricación.

$$cc = \frac{cci}{ad} \quad (7)$$

Bonificación por kilómetro para conductores: se basa en las leyes laborales específicas que regulan la actividad. El monto por kilómetro (ak) se determina teniendo en consideración

un porcentaje (p) del salario básico de un conductor de primera categoría (bs), como se muestra en la Ec. (8).

$$ak = \frac{bs \times p}{100} \quad (8)$$

La ec. (9) determina el cargo por kilómetro (dk) como el monto por kilómetro multiplicado por un factor que incluye un porcentaje de cargas sociales (lp) y el sueldo anual complementario ($SACp$).

$$dk = ak \times \left(1 + \frac{lp}{100}\right) \times \left(1 + \frac{SACp}{100}\right) \quad (9)$$

Costo variable unitario relacionado a la distancia recorrida: está dado por la Ec. (10) sumando los costos previamente detallados.

$$uvc = cf + cl + cfi + pct + pcs + cr + cc + dk \quad (10)$$

Costos fijos directos relacionados al equipamiento de transporte (dfc)

Remuneración de conductores: considera el salario mensual básico de un conductor de primera categoría (bs) basado en las leyes laborales específicas que rigen esta actividad. Además, también se tienen en cuenta las cargas sociales (sc) y el porcentaje de salario anual complementario ($SACp$) asignado a un mes. Todos estos términos se suman como se muestra en Ec. (11)

$$dr = bs + sc + \left[(bs + sc) \times \frac{SACp}{100} \right] \quad (11)$$

Seguro de conductores: El costo de seguro del conductor (di) se estima considerando una empresa con dos camiones de transporte. Incluye seguro de riesgos laborales (wi) y seguro de vida obligatorio (li) como se muestra en la Ec. (12)

El primero se calcula en Ec. (13) donde se considera una tasa fija mensual (frw) y se tiene en cuenta una parte variable multiplicando una tasa variable (vr) por los salarios básicos pagados (bs). En el segundo caso, el seguro de vida obligatorio se calcula suponiendo una tasa fija mensual (fro) y un derecho de emisión anual (aer) que se divide entre 12 meses por año, como se muestra en la ecuación Ec. (14).

$$di = wi + li \quad (12)$$

$$wi = frw + \frac{vr \times bs}{100} \quad (13)$$

$$li = fro + \frac{aer}{12} \quad (14)$$

Amortización del trailer y semirremolque (eac): se considera una amortización fija común con excepción de los neumáticos (analizados en Ec. 4 y 5). Se calcula el valor amortizable (av) y un factor de amortización (fa). El primero es determinado por el costo de una unidad sin neumáticos (ucw) y el porcentaje del valor residual de la unidad (rv), como muestra la Ec. (15).

$$av = ucw \times \left(1 - \frac{rv}{100}\right) \quad (15)$$

El factor de amortización (fa) se calcula en Ec. (16). La vida útil de una unidad es definida en meses (l) y la tasa de interés (i) es dada por la tasa de interés nominal de un depósito de plazo fijo.

$$fa = \frac{i}{(1+i)^l - 1} \quad (16)$$

El costo de amortización del equipo (eac) se define en la Ec. (17) como el producto entre el factor de amortización y el valor amortizable.

$$eac = fa \times av \quad (17)$$

Seguro del equipamiento (ei): se considera seguro contra terceros, robos e incendio. Se calcula estimando una tasa anual (api) multiplicada por el valor del equipo (ev) y dividido por 12 meses al año, como muestra la Ec. (18).

$$ei = \left(ev \times \frac{api}{100}\right) / 12 \quad (18)$$

Patente vehicular (ap): es función del valor de la unidad (ev) (incluye trailer, semirremolque y neumáticos). Se asume una antigüedad promedio de 5 años. El valor ev se multiplica por un porcentaje (aap) para estimar el valor promedio de un vehículo de 5 años. Se lo multiplica por la tasa del impuesto anual (app) y se divide por 12 meses al año. Se presenta en la Ec. (19):

$$ap = \left[\left(ev \times \frac{aap}{100}\right) \times \frac{app}{100} \right] / 12 \quad (19)$$

Tasa anual de fiscalización (art): impuesto obligatorio por brindar el servicio de transporte. Se calcula dividiendo el monto anual (aa) por 12 meses por año, tal como muestra la Ec. (20).

$$art = \frac{aa}{12} \quad (20)$$

Equipamiento adicional del vehículo (vec): incluye matafuegos, y sus recargas, bandas retrorreflectivas y calcomanías de identificación. Cada costo se divide por su respectiva vida útil (en meses). Su cálculo se muestra en la Ec. (21).

$$vec = \frac{n \times exc}{el} + \frac{rc}{rl} + \frac{bc}{bl} + \frac{ic}{il} \quad (21)$$

Donde (n) es el número de extinguidores por vehículo, (exc) el costo de los mismos, su vida útil es (el), el costo de recarga (rc), vida útil de recarga (rl), costo de bandas (bc), costos de identificación (ic), sus vidas útiles, bl and il , respectivamente.

Renta sobre el capital invertido en el equipo: Hace referencia al costo de oportunidad, que si bien no configura un costo explícito por no requerir la constitución de compromisos reales ante terceros, puede ser cuantificado a través de la medición del valor que se deja de obtener por haber desechado el empleo del factor en una actividad alternativa disponible. Este costo debe recuperarse con el precio del transporte. Este factor se considera como el nivel mínimo de rentabilidad que permite la continuidad de la actividad. El costo del equipo (remolque y semirremolque) (ev) se multiplica por la tasa de interés (i), dada por una tasa de interés nominal de un depósito fijo. La Ec. (22) muestra el cálculo de la renta sobre el capital invertido en el equipo (iic):

$$iic = ev \times \frac{i}{100} \quad (22)$$

Costo fijo directo unitario: los costos fijos directos se dividen por la distancia mensual calculada (D). La distancia total que puede alcanzarse por mes es estimada al nodo destino. Para viajes cortos, la distancia total es menor a la de viajes largos ya que los tiempos muertos representan un mayor porcentaje del tiempo total disponible por mes y también porque se asumen velocidades diferentes.

La Ec. (23) muestra la técnica propuesta para determinar la distancia total de acuerdo a la distancia del viaje. Luego, los costos unitarios son calculados en función de la distancia del viaje. El impacto de esta metodología se detalla en la sección de Resultados.

$$D = 2.d.t \quad (23)$$

Donde d es la distancia entre la refinería y el destino, t es el número de viajes por mes que pueden hacerse al destino, el total de horas disponibles al mes para el servicio de distribución es (H), los tiempos muertos (tiempos de carga y descarga) (dt) y la velocidad del viaje (s) y puede plantearse su relación como figura en la Ec. (24).

$$t = \frac{H}{(2d/s) + dt} \quad (24)$$

La Ec. (25) establece el cálculo del costo fijo directo unitario en \$ por kilómetro:

$$ufdc = \frac{dr + di + eac + ei + ap + art + vec}{D} \quad (25)$$

Costos fijos indirectos relacionados con la estructura de apoyo (fic)

Remuneración del personal administrativo (ar): el salario básico del personal administrativo (*bsa*) se basa en la Ley Laboral que rige esta actividad. Además se consideran las cargas sociales (*sca*), un proporcional del salario anual complementario (*SACp*), (*nap*) es el número de personal o fracción por unidad. Este costo está dado por la Ec. (26).

$$ar = (bsa + sca + \left[(bsa + sca) \times \frac{SACp}{100} \right]) \times nap \quad (26)$$

Seguro del personal administrativo (ai): se toman valores de mercado. Incluye seguros de riesgo de trabajo administrativo (*wia*) y seguro de vida obligatorio (*li*) como se presenta en la Ec. (27). Es multiplicado luego por el número de personal administrativo por camión (*nap*).

$$ai = (wia + li) \times nap \quad (27)$$

Una tasa fija (*frw*) y otra variable (*vr*) son consideradas para el seguro de riesgos de trabajo como muestra la Ec. (28). La segunda se la divide por 100 a fin de contemplar el correspondiente porcentaje y multiplicada por el salario básico.

$$wia = frw + \frac{vr \times bsa}{100} \quad (28)$$

La Ec. (29) determina costo del seguro de vida por persona considerando una tasa fija (*fro*) y el derecho de emisión anual (*aer*) dividido por 12 meses.

$$li = fro + \frac{aer}{12} \quad (29)$$

Alquiler del galpón incluyendo impuestos (wr): se estima un valor mensual incluyendo los impuestos (*tr*) y asumiendo valores de alquiler del mercado (*mv*). El mismo es determinado en la Ec. (30).

$$wr = mv.(1 + tr) \quad (30)$$

Costos generales (gc): diversos recursos y servicios son requeridos para la operación incluyendo correo y telegramas (pc), comunicaciones (tcc), electricidad (ec), gas ($gasc$), insumos de oficina (osc), publicidad y suscripciones (ac), cargos bancarios (bch), cuotas de asociaciones empresariales (bac) y uniformes de choferes (duc). Se representa en Ec. (31).

$$gc = pc + tcc + ec + gasc + osc + ac + bch + bac + duc \quad (31)$$

El costo de uniformes de choferes es acorde al número de uniformes por año como se muestra en la Ec. (32), donde unc determina el costo unitario de cada uniforme y nu el número requerido por año.

$$duc = \frac{unc \times nu}{12} \quad (32)$$

Costo fijo indirecto unitario: los costos fijos indirectos se dividen por la distancia mensual estimada (D). El costo unitario fijo indirecto ($ufic$) está dado en la Ec. (33) en \$ por km.

$$ufic = \frac{ar + ai + wr + gc}{D} \quad (33)$$

Costos Variables relacionados con el nivel de facturación (vc2)

Ingresos Brutos: impuesto que debe pagarse sobre el monto de ventas facturado, su cálculo considera la tasa del impuesto (br) y se multiplica por el monto facturado. Estos valores se determinan multiplicando el costo unitario antes de impuestos (c) por 1 más la tasa de rentabilidad (pr). Se define aplicando la Ec. (34) en \$ por km:

$$uvc2 = \frac{c.br.(1 + pr)}{1 - br(1 + pr)} \quad (34)$$

El costo unitario antes del impuesto está dado por la Ec. (35).

$$c = uvc + ufdc + ufic \quad (35)$$

Costo unitario

El costo unitario (uc) en \$ por km para cada destino es determinado por la Ec. (36).

$$uc = c + uvc2 \quad (36)$$

RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en base a una refinería nacional. La compañía se localiza en San Lorenzo, en la provincia de Santa Fe, Argentina. Se considera un conjunto de 31 nodos de clientes en todo el territorio nacional.

Comparando los costos originales con los del modelo de costeo completo propuesto, este último es 8 a 9% más alto para destinos entre 100 y 300 km. Esta diferencia disminuye a partir de esta distancia y se establece un incremento del 5% desde 450 km o más.

Una de las principales diferencias entre los resultados obtenidos de la metodología propuesta de costeo completo y la utilizada por la empresa es que el nuevo modelo proporciona un costo por kilómetro diferente para cada destino, mientras que el original utilizaba una función por tramos para definirlo. El modelo permite analizar múltiples escenarios modificando datos de entrada, considerados como parámetros de referencia. Estos análisis se presentan en las siguientes subsecciones (el símbolo \$ indica dólares de los Estados Unidos).

Costos totales mensuales según las distancias D

Las posibles distancias mensuales (D) dependen de la distancia entre el destino de la refinería d y el número de viajes posibles por mes (t). La Figura 1 muestra la distancia mensual (D) calculada para cada distancia refinería-destino (d).

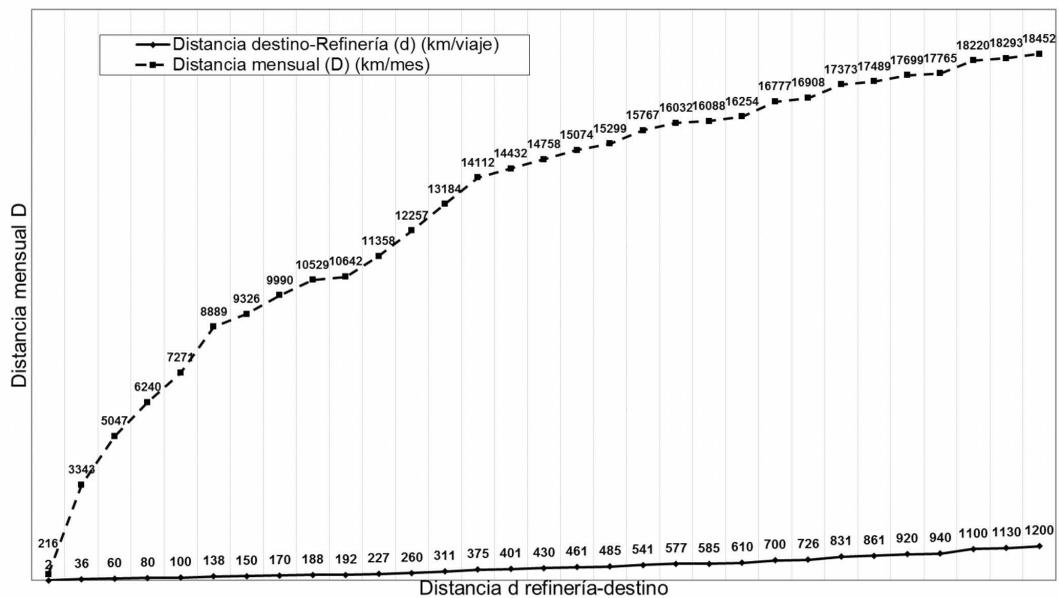


Figura 1. Distancias mensuales D para cada distancia refinería-destino d

Por ejemplo, para obtener la distancia D de 216 km/mes, se consideran los siguientes parámetros: distancia (d) de un viaje de 2 km, el número máximo de viajes por mes (t) es 54, es calculado considerando 330 horas mensuales disponibles para el transporte (H), la velocidad promedio de 35 km/h y el tiempo de inactividad de 6 horas (dt).

Costos mensuales por distancia

La Figura 2 muestra el costo total para cada distancia D , considerando los 31 nodos estudiados. El costo máximo es de aproximadamente \$16000/mes (correspondiente al viaje más largo) y el mínimo, \$5000/mes (correspondiente al viaje más corto). Los costos directos fijos mensuales son \$4004/mes (barras blancas en la Figura 2) y los costos indirectos fijos son \$795/mes (barras grises en la Figura 2) para cada distancia D indistintamente.

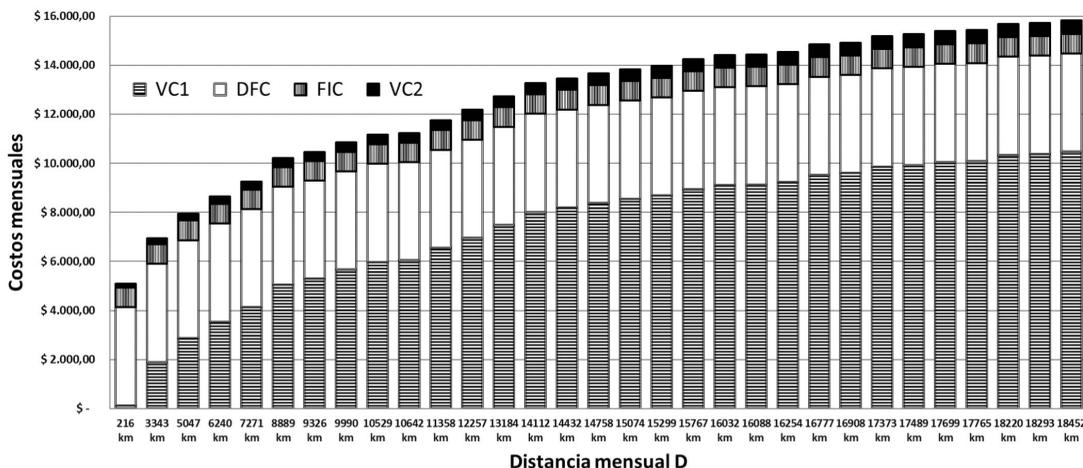


Figura 2. Costos mensuales por distancia mensual D

Según la Figura 3 para distancias menores a 7271km, los costos fijos son más altos que los costos variables mientras que para los más largos, los costos variables representan un porcentaje mayor del costo total, con un máximo de \$11029/mes para 18452 km/mes.

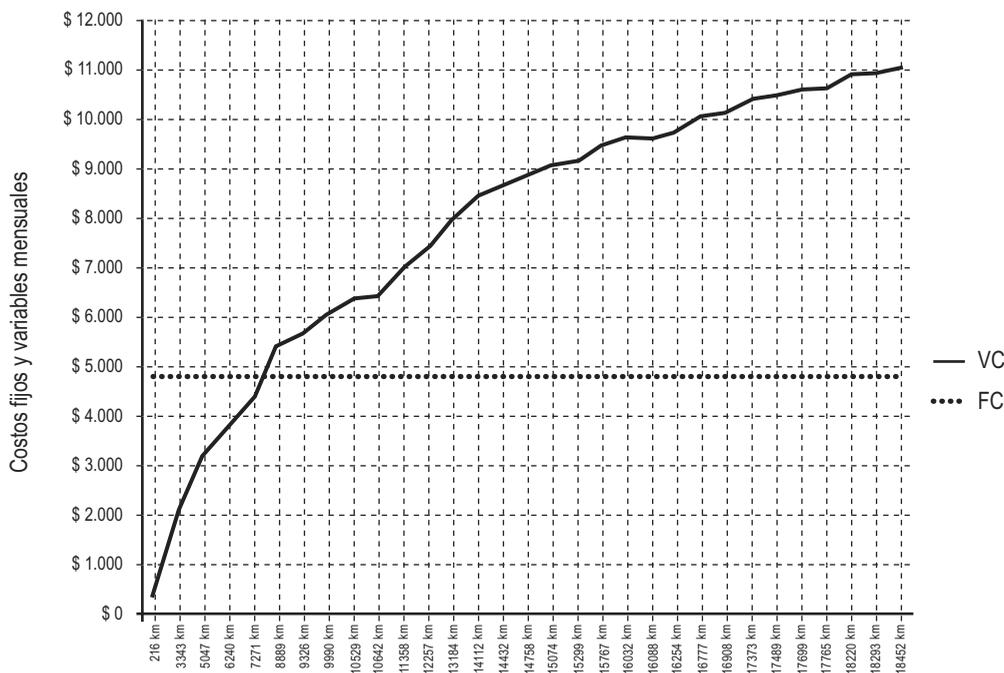


Figura 3. Costos variables (VC) y fijos mensuales (FC) por distancia mensual D

Composición del costo unitario

La estructura del costo unitario se presenta en la Figura 4, donde los porcentajes de cada tipo de costo se evalúan de acuerdo con las distancias estudiadas y consideran todos los parámetros de referencia.

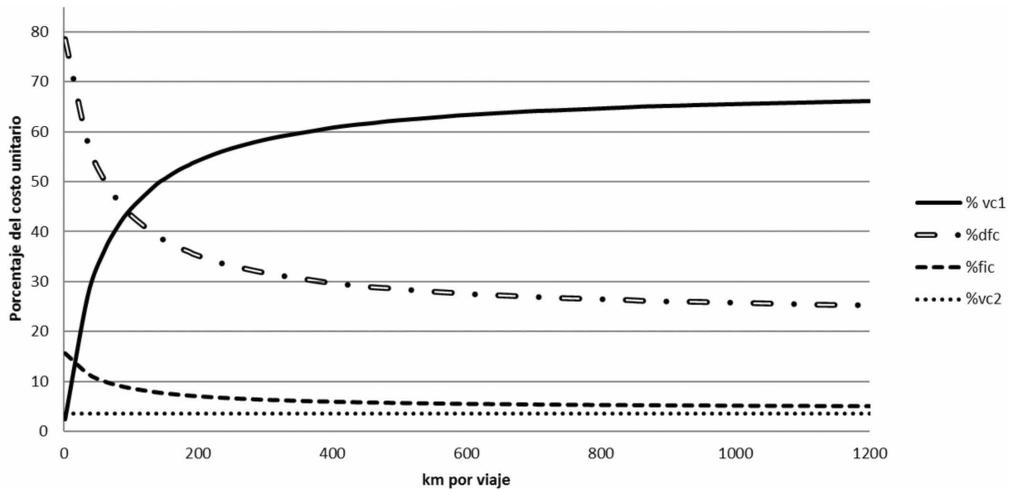


Figura 4. Composición del costo unitario

Según la Figura 4, los costos variables relacionados con kilómetros recorridos (*vc1*) aumentan de forma logarítmica cuando aumenta la distancia, mientras que los costos fijos directos e indirectos (*dfc* e *ifc*, respectivamente) se reducen de manera asintótica a medida que aumenta el km por viaje. El costo fijo directo representa un porcentaje más alto que el costo fijo indirecto. Los porcentajes de los costos variables relacionados con las ventas (*vc2*) se mantienen constantes para todas las distancias.

La curva *vc1* se interseca con la curva *dfc* en aproximadamente 100 km. Desde esa distancia, el porcentaje de costos fijos directos es menor que los costos variables *vc1*.

Se muestra que para viajes de menos de 80 km, los costos fijos unitarios (*dfc* + *ifc*) superan los costos variables unitarios (*vc1* + *vc2*). Por ejemplo, para un viaje de 60 km de longitud, estos costos fijos representan aproximadamente el 60% del costo unitario total. Por otro lado, para distancias entre 80 km y 260 km, la proporción de cada tipo de costo es similar. Para viajes de más de 260 km, el porcentaje de costo variable es mayor que los fijos. De hecho, considerando la mayor distancia (de 1200 km), el costo variable representa el 70% del costo unitario.

Variación del costo de combustible según la distancia del viaje

El porcentaje que representa el costo del combustible en el costo unitario por kilómetro se considera en la Figura 5. Es de destacar que este costo se incrementa en forma logarítmica cuando la distancia del viaje aumenta.

Es interesante enfatizar que en destinos menores a 36km, la incidencia del costo del combustible en el costo de transporte es menor al 17%, decreciendo a 1,51% en viajes de 2 km (ciudad de San Lorenzo)

Para viajes de 100 a 600 km, el impacto del costo del combustible varía entre 28% y 39% respectivamente. Para distancias mayores, la influencia promedio de este costo es aproximadamente de 40%.

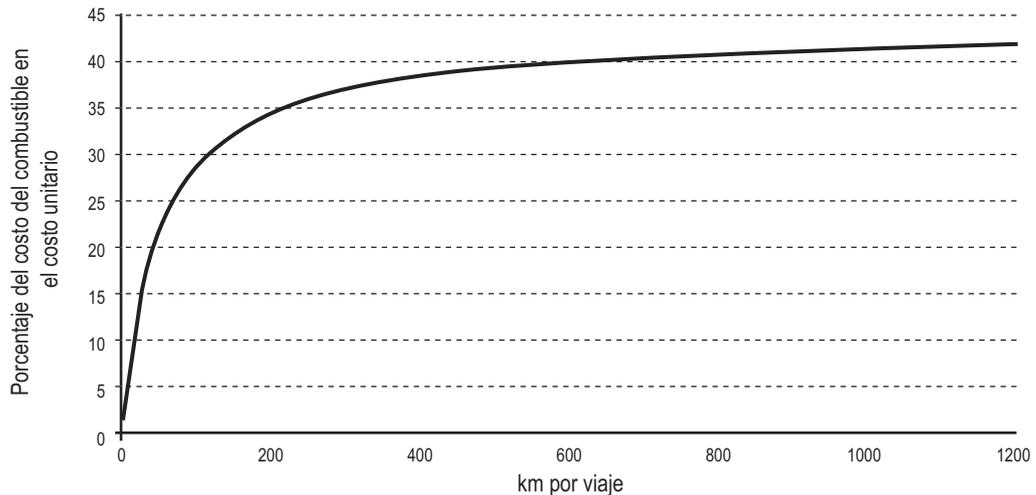


Figura 5. Variación del costo del combustible según la distancia del viaje

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha desarrollado un modelo de costeo completo para la industria de abastecimiento de combustible. Dicho sistema de costos cuenta con la ventaja de poder usarse también como referencia para otras compañías que comparten las características establecidas del servicio de transporte de combustible. Se plantea una herramienta de gestión que: facilita la toma de decisiones basada en los costos de transporte calculados, proporciona detalles de la estructura de costos logísticos del sector e identifica los diferentes tipos de costos involucrados y cuáles afectan más los costos totales de distribución desde las refinerías hasta las estaciones de servicio.

Se presenta un análisis de sensibilidad, considerando diferentes valores de los parámetros más representativos a fin de evaluar su impacto en los costos de transporte. Determinando los elementos más influyentes, es posible elaborar estrategias de reducción de costos de manera de ayudar a los actores intervinientes en su gestión de costos.

Es importante resaltar que, cuando las refinerías están ubicadas lejos de las estaciones de servicio, las distancias y velocidades de los vehículos considerados son parámetros críticos para evaluar, debido al impacto en el consumo de combustible y por ende en los costos logísticos. Por lo tanto, una medición exacta de estos parámetros es indispensable para mejorar el desempeño de los distribuidores.

El método presentado brinda a las empresas mayor conocimiento y control de sus costos y proporciona una mayor precisión en el cálculo de los costos por kilómetro para cualquier distancia considerada, mientras que las estrategias tradicionales utilizan una estimación de costos simplificada o por partes. Esta precisión también promueve acciones de reducción de costos que benefician a toda la red logística.

REFERENCIAS

- ALIZADEH, A. H., NOMIKOS, N. K. (2004). Cost of carry, causality and arbitrage between oil futures and tanker freight markets. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 40(4), 297–316.
- ASKARANY, D., YAZDIFAR, H., ASKARY, S. (2010). Supply chain management, activity-based costing and organisational factors. *International Journal of Production Economics*, 127(2), 238–248.
- BAYKASOĞLU, A., KAPLANOĞLU, V. (2008). Application of activity-based costing to a land transportation company: A case study. *International Journal of Production Economics*, 116(2), 308–324.
- BØ, E., HAMMERVOLL, T. (2010). Cost-based pricing of transportation services in a wholesaler–carrier relationship: an MS Excel spreadsheet decision tool. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 13(3), 197–21.
- DICKINSON, V., LERE, J. C. (2003). Problems evaluating sales representative performance? *Industrial Marketing Management*, 32(4), 301–307.
- FORKENBROCK, D. J. (2001). Comparison of external costs of rail and truck freight transportation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 35(4), 321–337.
- GONZALES, D., SEARCY, E. M., EKŞİOĞLU, S. D. (2013). Cost analysis for high-volume and long-haul transportation of densified biomass feedstock. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 49, 48–61.
- GUNASEKARAN, A., MARRI, H. B., GRIEVE, R. J. (1999). Activity based costing in small and medium enterprises. *Computers & Industrial Engineering*, 37(1–2), 407–411.
- GUNASEKARAN, A., SARHADI, M. (1998). Implementation of activity-based costing in manufacturing. *International Journal of Production Economics*, 56–57, 231–242.
- GUNASEKARAN, A., SINGH, D. (1999). Design of activity-based costing in a small company: A case study. *Computers & Industrial Engineering*, 37(1–2), 413–416.
- HANSEN, W., HOVI, I. B., VEISTEN, K. (2014). Logistics costs in Norway: comparing industry survey results against calculations based on a freight transport model. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 17(6), 485–502.
- INTERNATIONAL FEDERATION OF ACCOUNTANTS (IFAC). (2009). *Evaluating and Improving Costing in Organization, International Good Practice Guidance*. New York, N.Y.
- JANE, C.C. (2011). Performance evaluation of logistics systems under cost and reliability considerations. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(2), 130–137.
- LIU, L. Y. J., PAN, F. (2007). The implementation of Activity-Based Costing in China: An innovation action research approach. *The British Accounting Review*, 39(3), 249–264. <http://doi.org/10.1016/j.bar.2007.05.003>
- MARUFUZZAMAN, M., EKŞİOĞLU, S. D., HERNANDEZ, R. (2015). Truck versus pipeline transportation cost analysis of wastewater sludge. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 74, 14–30.

- NIU, Y.-F., LAM, W. H. K., GAO, Z. (2014). An efficient algorithm for evaluating logistics network reliability subject to distribution cost. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 67, 175–189.
- OZBAY, K., BARTIN, B., YANMAZ-TUZEL, O., BERECHMAN, J. (2007). Alternative methods for estimating full marginal costs of highway transportation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(8), 768–786.
- SAHIN, B., YILMAZ, H., UST, Y., GUNERI, A. F., GULSUN, B. (2009). An approach for analysing transportation costs and a case study. *European Journal of Operational Research*, 193(1), 1–11.
- SOLAKIVI, T., TÖYLI, J., OJALA, L. (2013). Logistics outsourcing, its motives and the level of logistics costs in manufacturing and trading companies operating in Finland. *Production Planning & Control*, 24(4–5), 388–398.
- SOMAPA, S., COOLS, M., DULLAERT, W. (2012). Unlocking the potential of time-driven activity-based costing for small logistics companies. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 15(5), 303–322.
- TAHVANAINEN, T., ANTTILA, P. (2011). Supply chain cost analysis of long-distance transportation of energy wood in Finland. *Biomass and Bioenergy*, 35(8), 3360–3375.
- THE ASSOCIATION OF ACCOUNTANTS AND FINANCIAL PROFESSIONALS IN BUSINESS (IMA). (2014). *Conceptual Framework for Managerial Costing*. (IMA, Ed.). Montvale, N.J.
- TSAI, W.-H. (1996). Activity-based costing model for joint products. *Computers & Industrial Engineering*, 31(3–4), 725–729.
- TSAO, Y.-C., LU, J.-C. (2012). A supply chain network design considering transportation cost discounts. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48(2), 401–414.