

La Ingeniería de Métodos y Tiempos como herramienta en la Cadena de Suministro

Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 8. p. 89-109. Medellín, enero-junio de 2012

Alexander Correa Espinal*, Rodrigo Andrés Gómez Montoya**,
Cindy Botero Pérez***

* Doctor en Investigación de Operaciones y Estadística Universidad Politécnica de Cataluña; Magister en Ingeniería Industrial Universidad de los Andes e Ingeniero Industrial Universidad Nacional de Colombia. En la actualidad es Profesor Asociado de la Escuela de la Organización de la Facultad de Minas, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Las líneas de investigación se asocian con el diseño y mejoramiento de sistemas logísticos y productivos a través de estadística aplicada. Se tienen diversas ponencias y publicaciones en revistas nacionales e internacionales relacionadas con el tema.

** Magister en Ingeniería Administrativa e Ingeniero Industrial de la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas. En la actualidad se desempeña como profesor en logística y Distribución Física Internación en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Además, investigador y consultor en las líneas de investigación de diseño y mejoramiento de sistemas logísticos y productivos a través de simulación y estadística aplicada. Además, posee diversas ponencias y publicaciones en revistas nacionales relacionadas con el tema.

*** Ingeniera Industrial de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Se ha desempeñado como Analista del Sistema de Mejor Gestión (SIMEGE) en la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Actualmente labora en Suramericana S.A. en el cargo de Analista de Desarrollo Organizacional. Correo electrónico: cboterop@unal.edu.co.

LA INGENIERÍA DE MÉTODOS Y TIEMPOS COMO HERRAMIENTA EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Alexander Correa Espinal, Rodrigo Andrés Gómez Montoya, Cindy Botero Pérez

Resumen

Este artículo tiene como fin esclarecer la aplicación de la Ingeniería de Métodos y Tiempos en la Cadena de Suministro. Para ello se realizó una revisión bibliográfica de los conceptos de Cadena de Suministro, Gestión de la Cadena de Suministro y logística; además de la Ingeniería de Métodos y Tiempos, sus generalidades, aplicaciones y técnicas. Bajo dicho contexto se plantea cómo la Ingeniería de Métodos y Tiempos puede implementarse en una Cadena de Suministro para mejorar su gestión, especialmente en los procesos logísticos, identificándola como factor de definición y estandarización de los procesos, factor de control y mejora y, en general, como factor estratégico para el logro de la productividad.

Palabras Clave: Cadena de Suministro, Gestión de la cadena de Suministro, Ingeniería de Métodos y Tiempos, Logística.

Abstract

This paper aims to identify the application of methods and time engineering in the supply chain, especially in logistics. For this, it was realized a literature review of the concepts of Supply Chain Management, Supply Chain and Logistics, in addition to the methods and time engineering, their applications and techniques. Under this context, it was possible to expose how the methods and time engineering can be implemented in a Supply Chain Management to improve its management, especially in the logistics processes, identifying it as a processes defining and standardizing factor, as a control and improvement factor and overall as a strategic factor in achieving productivity.

Key Words: Supply Chain, Supply Chain Management, Methods and Times Engineering, Logistics.

La Ingeniería de Métodos y Tiempos como herramienta en la Cadena de Suministro

Alexander Correa Espinal, Rodrigo Andrés Gómez Montoya, Cindy Botero Pérez

Recibido: 9 de mayo de 2012. Aprobado: 29 de junio de 2012
Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 8, pp. 89-109. Medellín, enero-junio de 2012

1. Introducción

La frase de Michael E. Porter, Ph.D. de la Universidad de Harvard: *"En el futuro, la competencia no se dará de empresa a empresa, sino más bien de Cadena de Suministro a Cadena de Suministro"* (Porter, 1995), se ha convertido en una cita, casi obligada, en los textos y artículos de logística, producción y operaciones. Dicha frase establece que el éxito de las organizaciones está dado por la efectividad de sus Cadenas de Suministros y la gestión de las mismas (*Supply Chain Management o SCM*). Dentro de la Gestión de la Cadena de Suministro, los empresarios han enfocado sus prioridades en la logística: la disciplina que se encarga de los flujos de materiales y productos, para lograr la satisfacción del cliente, tanto de una organización como de una Cadena de Suministro.

Dada la actual importancia de la logística y en búsqueda de prácticas que puedan contribuir a un mejor desempeño de las Cadenas de Suministro, se pretende recalcar el impacto de la Ingeniería de Métodos y Tiempos en su gestión, como una posible fuente de ventajas y una herramienta para la mejora y control de sus procesos. La Ingeniería de Métodos y Tiempos es la base conceptual de las operaciones en las organizaciones; sin embargo, no existe mucha información sobre cómo pueden impactar las Cadenas de Suministro. Este artículo de revisión bibliográfica tiene como objetivo identificar su aplicación, especialmente en los procesos logísticos.

El escrito está dirigido a académicos, empresarios y a quienes puedan encontrar en éste, una ilustración sobre el

tema y una posibilidad de aplicación en su propio entorno.

En primer lugar se hace un acercamiento a los conceptos de Cadena de Suministro, Gestión de la Cadena de Suministro y la logística como uno de sus enfoques. Posteriormente, se expone la Ingeniería de Métodos y Tiempos, sus antecedentes y aplicaciones, para finalmente dar paso al foco del artículo: utilización e importancia de la Ingeniería de Métodos en la Cadena de Suministro.

2. La Cadena de Suministro y su gestión

En esta sección se presenta una revisión bibliográfica que busca identificar, describir y establecer las relaciones entre los conceptos de Cadena de Suministro, Gestión de la cadena de Suministro y Logística.

2.1 Definiciones de Cadena de Suministro o SC

En el mundo de hoy, puede resultar complicado para una organización lograr sus objetivos de manera aislada y autosuficiente, debido a que las organizaciones, en su mayoría, dependen unas de otras ya sea en el ámbito competitivo o dentro de su propia cadena de valor. Para satisfacer sus necesidades, ha surgido entre las organizaciones la denominada Cadena de Suministro que establece la relación entre proveedores, productores y distribuidores en

la transformación de materia prima en productos que satisfagan las necesidades de los clientes. Diversos autores han definido el concepto de Cadena de Suministro y serán citados para lograr una mayor comprensión.

El término Cadena de Suministro (*Supply Chain* o SC) es descrito por Chase, Aquilano & Jacobs (2000) como una “*red de proveedores o una serie de cadenas*”; y por Tompkins & Harmelink (2004), como “*un medio para visualizar la relación o vinculación, entre organizaciones comerciales*”.

De ambas definiciones se extrae que la SC comprende un conjunto de empresas, sin embargo, falta claridad frente al tipo de relación que existe entre éstas. La OEM (National research council staff, 2000) define la SC como una “*asociación de consumidores y proveedores quienes, trabajando juntos en sus propios intereses, compran, transforman, distribuyen, y venden bienes y servicios entre ellos mismos, resultando al final la creación de un producto final específico*”. Así la relación entre las empresas de una SC está dada por su participación o contribución en alguna de las fases o actividades necesarias en el ciclo de producción para la consecución de un bien o servicio final y su entrega al cliente. La razón de ser de cada empresa en una SC apunta a una o varias de esas fases o actividades y se complementa de las que realizan las demás empresas que la conforman, dependiendo unas de otras como los eslabones de una cadena. Algunos

autores como Ballou (2004) parten de dichas actividades para definir la SC: *“conjunto de actividades funcionales que se repiten a lo largo del canal de flujo del producto, mediante las cuales la materia prima se convierte en productos terminados y se añade valor al consumidor”*. De igual forma, al identificar la SC como un conjunto de actividades, también se refiere a un conjunto de empresas u organizaciones pues, como se explicó, cada actividad es inherente a la razón de ser de cada una de ellas.

Tomando otras definiciones complementarias de Price Waterhouse Coopers (2007), Chopra & Meindl (2001) y Mentzer y otros (2002), se presentan los elementos, agentes y flujos de la SC en la Tabla 1.

Tabla 1. Elementos, agentes y flujos en la Cadena de Suministro

Enfoque y Autor	Descripción
<i>Elementos de la cadena de Suministro.</i> (Price Waterhouse Coopers, 2007)	Procesos de negocios, personas, organización, tecnología e infraestructura física.
<i>Agentes de la cadena de Suministro</i> (Chopra & Meindl, 2001)	Manufactureros Proveedores Transportistas Almacenes Distribuidores Clientes
<i>Flujos en la cadena de Suministro</i> (Mentzer, y otros, 2002)	Flujos de: productos, servicios, información, recursos financieros, demanda, pronósticos.

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 1 y de las definiciones expuestas, se puede deducir que la SC es un conjunto de funciones, procesos, infraestructura, recursos y flujos de información en una red de organizaciones, que permiten transformar la materia prima en productos terminados, incluyendo en ocasiones almacenamiento y distribución, para satisfacer las necesidades del cliente final.

Dicho conjunto de funciones, procesos, infraestructura, recursos y flujos deben ser gestionados para garantizar que fluyan eficientemente y que no sea solo una empresa la que logre sus objetivos, sino todas las que conforman la SC. En el próximo subnumeral, se describe el concepto de Cadena de Suministro y logística, que involucra la planeación, ejecución y control de la SC.

2.2 Gestión de la Cadena de Suministro o SCM y la Logística

En este subcapítulo se exponen definiciones de SCM (*Supply Chain Management*) y su componente logístico, su relación, diferencias y complementariedades.

2.2.1 SCM

The Council of Logistics Management define la SCM como *“la coordinación sistemática y estratégica de las funciones de negocio tradicional y las tácticas utilizadas a través de esas funciones de negocio, al interior de una empresa y entre los diferentes*

procesos de la Cadena de Suministro, con el fin de mejorar el desempeño en el largo plazo tanto individualmente como de toda la Cadena de Suministro en general" (PILOT, 2011). Por su parte, Handfield & Nichols (2002), indican que la SCM "abarca todas las actividades relacionadas con el flujo y transformación de bienes, desde la etapa de materia prima (extracción) hasta el usuario final, así como los flujos de información y productos relacionados de forma directa e indirecta". Dichos autores la definen como "la integración de estas actividades mediante mejoramiento de las relaciones de la cadena de suministros para alcanzar una ventaja competitiva sustentable" (Handfield & Nichols, 2002). De las definiciones presentadas se puede inferir que la SCM es el manejo eficiente de los flujos internos y externos que se generan en la Cadena de Sumi-

nistro para agregar valor al cliente final y lograr una ventaja competitiva.

En la Tabla 2 se describen algunos de los procesos y objetivos de la SCM, citando autores tales como: Hugos (2006), Mentzer y otros (2002), Heizer & Render (2007), Chase, Aquilano & Jacobs (2000) y Waters (2007). Se observa que dentro de la SC surgen diferentes procesos y actividades, como se mencionó en el anterior numeral, y la SCM tiene como función velar por todo aquello que permita su adecuada realización, la efectividad de la cadena de Suministro y la satisfacción del cliente; de manera que podría decirse que implica interdisciplinariedad, al involucrar tareas de diferentes campos de estudio como las finanzas, el servicio al cliente, la producción, la logística, etc.

Tabla 2. Procesos y objetivos de la Cadena de Suministro

Fuente	Objetivos
(Heizer & Render, 2007)	Determinar proveedores de transporte, créditos y transferencias de efectivo, proveedores, distribuidores y bancos, cuentas a pagar y cobrar, almacenaje y niveles de inventario, cumplimiento de pedidos. Compartir información de clientes, previsiones y producción.
(Waters, 2007)	Minimizar costos Aumentar valor al cliente final Eliminar cuellos de botella Mejorar tiempos de respuesta al consumidor
(Chase, Aquilano, & Jacobs, 2000)	Reducir la incertidumbre
Fuente	Procesos o actividades
(Hugos, 2006)	Producción, inventario, localización y transporte
(Mentzer, y otros, 2002)	Marketing, Ventas, Investigación y desarrollo, pronósticos, compras, logística, sistemas de información, finanzas y servicio al cliente

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la SCM debe de coordinar cada una de las actividades que se desarrollan en la SC, su integración con las demás y sobre todo las estrategias para lograr la ventaja competitiva y el valor agregado para el cliente. Entre las actividades mencionadas, está la logística, un término que usualmente es confundido con la SCM y que está implícito en sus procesos de producción, inventario y transporte.

2.2.2 Logística

La logística tuvo su origen en la guerra, hecho por el cual, muchas de sus definiciones están relacionadas con el buen abastecimiento en la industria militar. El concepto de logística ha evolucionado de sus raíces y es definida por el *Council of Logistics Management* como *“la parte del proceso de la gestión de la cadena de suministro encargada de planificar, implementar y controlar de forma eficiente y efectiva el almacenaje y flujo directo e inverso de los bienes, servicios y toda la información relacionada con éstos, entre el punto de origen y punto de consumo, con el propósito de cumplir las expectativas del consumidor”* (PILOT, 2011). Igualmente, Soret (2006), indica que la logística es uno de los procesos de la SCM que tiene como fin, gestionar y optimizar el flujo de materiales y productos. Muñoz (2007) describe que la logística *“abarca todas aquellas actividades relacionadas con el traslado y almacenamiento de productos entre sus puntos de adquisición y sus puntos de destino.”*

Los anteriores autores coinciden en que la logística está relacionada con el flujo de los productos y Ballou (2004) agrega que tal flujo debe ser dinámico y oportuno, logrando así la misión de *“llevar los bienes o servicios adecuados al lugar adecuado, en el momento adecuado y en las condiciones deseadas, a la vez que se consigue la mayor contribución a la empresa”*.

De las definiciones presentadas se puede inferir que la logística es un componente de la SCM, que tiene como fin planificar, implementar y controlar los flujos de productos y su información correspondiente, a nivel interno de la empresa y hacia la Cadena de Suministro de manera efectiva, a través de actividades como las que indica Ballou (2004): servicio al cliente, pronósticos de la demanda, comunicaciones de distribución, control de inventarios, manejo de materiales, procesamiento de pedidos, selección de la ubicación de fábricas y almacenamiento, compras, embalaje, manejo de bienes devueltos, eliminación de desperdicios, transporte, entre otros. Porter (1987) clasifica estas funciones en actividades básicas y de soporte, las cuales en un contexto real, pueden reclasificarse dependiendo de las características de cada organización y de lo que en sus políticas se considere crítico.

Existen diversas clasificaciones de la logística en la literatura según su contenido, función, dimensión y sector económico. En este artículo se hará énfasis

en la clasificación según su función, retomada por Terrado (2007), y que clasifica la logística en aprovisionamiento o entrada, interna o producción y logística de salida. Estas clasificaciones de la logística comprenden el flujo del producto desde la adquisición de materias primas hasta la entrega al cliente; no obstante, la vida de un producto

no termina ahí y existen flujos inversos que incluyen su disposición final y la de las materias primas utilizadas (Ballou, 2004). Este concepto nació en los años noventa y es llamado logística inversa (Stock, 1992). En la Tabla 3 se definen las cuatro clasificaciones de la logística, incluyendo la logística inversa, a partir de las citas de algunos autores.

Tabla 3. Definiciones de los procesos logísticos

SC	SCM	Logística	Aprovisionamiento o logística de entrada: consiste en la adquisición de los materiales necesarios para la venta o la fabricación (materia prima o productos terminados) (Mauleon, 2008). Comprende actividades como la recepción, almacenamiento, control de existencias, distribución interna (Porter, 1987), además de la previsión, la planificación y el transporte.
			Producción o logística interna: hace referencia a los productos en proceso que pasan por actividades asociadas a la transformación de materias primas a producto final (Martínez & Milla, 2005). Aquí se contempla la planificación y programación de la producción y el almacenamiento de productos en proceso.
			Distribución o logística de salida: trata la distribución del producto terminado (Hax & Majluf, 2007) su clasificación, almacenamiento y transporte.
			Logística inversa: es aquella logística que va en sentido contrario a las demás (Miranda, Lacobo, Chamorro, & Bañegil, 2005), pues gestiona el retorno de los productos resultado de devoluciones, obsolescencia e inventarios estacionales, como también de la disposición de aquellos que ya cumplieron con su vida útil (Aranda, 2006). El CLM se refiere a ésta como <i>“el rol de la logística en el reciclaje, disposición de desperdicios y el manejo de materiales peligrosos”</i> (Stock, 1992).

Fuente: Elaboración propia.

El aprovisionamiento, la producción, distribución y la logística inversa, involucran el ciclo de un producto o servicio, desde la consecución de sus materias primas o recursos, hasta su adquisición o acceso por parte de los clientes y la disposición de los residuos finales, devoluciones, etc.

Al tener la definición de logística y su clasificación se considera de vital im-

portancia la explicación de su relación con la SCM.

2.2.3 Relación y semejanzas de la SCM y la Logística

Usualmente se presentan confusiones entre los conceptos de SCM y logística por parte de algunos autores (Ballou, 2004), reflejándose también en el mundo empresarial (Serra de la Figuerola,

2005). Algunos autores como Ballou, emplean ambos términos indistintamente, y otros como el *Council of Logistic Management*, Lambert y Hugos integran la logística como parte de la SCM, pues esta última implica además, actividades como *marketing*, diseño de nuevos productos, finanzas y servicio al cliente (Hugos, 2006). Dicha confusión se evidencia cuando algunos autores se refieren a SCM como “Dirección de la logística de los negocios” y “logística ágil” (Ballou, 2004). Otros la relacionan con “Logística integral”, la cual se divide en la Logística interna, que se lleva a cabo al interior de la empresa, y Logística externa, que va de la empresa a las demás empresas de la SC (Urzelai, 2006). Y otros cuantos como Soret (2006), que indican que sólo tal Logística externa es equivalente a SCM.

Hugos (2006) expone al respecto: *“Hay una diferencia entre el concepto de gestión de la cadena de suministro y el tradicional concepto de logística. La logística se refiere especialmente a las actividades que ocurren dentro de los límites de una organización y la cadena de suministro se refiere a una red de compañías que trabajan juntas y coordinan sus acciones para la entrega de un producto al mercado”*. Hugos define la Logística como aquella que se desarrolla dentro de la empresa, que en términos de Logística integral llamaríamos Logística interna. Es por eso que dichos planteamientos podrían ser similares en su esencia. Se

dice que esta confusión se ha hecho posible pues, en general, las empresas no aplican a plenitud la SCM, desarrollando sólo su componente logístico interno y convirtiendo la SCM en un concepto ideal y no real.

De las perspectivas presentadas por los autores, se tomará la logística como parte de la SCM, debido que la SCM corresponde a un concepto más amplio e involucra más actividades, como menciona Hugos (2006). Además al referirnos a Logística, se hace referencia a Logística integral (interna y externa), pues al igual que las otras actividades mencionadas, deben llevarse a cabo de manera transversal en todas las empresas de la SC si se quiere lograr un éxito grupal y no individual.

En último lugar, con las definiciones y relaciones de los conceptos de SC, SCM y logística, se identifica que, como Porter menciona, la competencia estará dada entre Cadenas de Suministro y la satisfacción del cliente y la generación de una ventaja competitiva sustentable podrá alcanzarse a partir de adecuadas relaciones entre las empresas que la conforman. Es necesario que las empresas implementen técnicas como la Ingeniería de Métodos y Tiempos, que suelen permitir la adecuada representación, configuración y normalización de los procesos, asignación de operarios, establecimiento de condiciones de trabajo adecuadas y medición de tiempos para mejorar la planeación y control de

las actividades que se desarrollan dentro de las empresas, como por ejemplo las actividades logísticas.

3. Ingeniería de Métodos y Tiempos y la Cadena de Suministro

La Ingeniería de Métodos y Tiempos es una disciplina de finales del siglo XVIII y principios del XIX. Se considera su aplicación como clave a la hora de acrecentar los índices de productividad en la empresa, y el perfeccionamiento y estandarización de sus procesos. A pesar de que su campo de acción es inherente a cada organización, no resulta ajeno dentro de la SC, pues su introducción le promete a la misma ser competente y efectiva. Para esta sección se identifican, en primera instancia y con la misma metodología bibliográfica, la definición, herramientas y aplicaciones de la Ingeniería de Métodos, hasta llegar al punto crucial de la revisión, en la que se enlaza a la SC, SCM y Logística.

3.1 Contextualización

Para entender los alcances de la Ingeniería de Métodos, se introducirá al tema con una contextualización de sus orígenes, conceptos y aplicaciones, además de la descripción de algunas de sus técnicas.

3.1.1 Antecedentes y concepto de la Ingeniería de Métodos y Tiempos

La Ingeniería de Métodos es considerada un enfoque fundamental de la Ingeniería Industrial y su origen es usualmente asociado a la aplicación del método científico en la organización (Barbier, 1960). Al hablar del método científico, se hace alusión al uso de la indagación como instrumento de análisis, buscando respuestas pertinentes al qué, cómo, dónde, por qué y cuándo.

Para Krick (1999) *“la Ingeniería de Métodos se ocupa de la investigación del ser humano dentro del proceso de producción. También puede describirse como el diseño del proceso productivo en lo que se refiere al ser humano. La tarea consiste en decidir dónde encaja el ser humano en el proceso de convertir materias primas en producto terminado y decidir cómo puede el hombre desempeñar más efectivamente las tareas que se le asignan”*. Así mismo, Maynard (1991) la define como *“el conjunto de técnicas de análisis, que centran su atención sobre la mejora de la efectividad hombre-máquina”*. Esta disciplina encierra un procedimiento sistemático en el cual analiza todas las operaciones detalladamente para registrarlas, mejorarlas, estandarizarlas y convertir el trabajo en una actividad más sencilla y fácil, de menor rigurosidad,

consecuencias de fatiga, tiempo e inversiones económicas (Niebel & Freivalds, 2002). Su aplicación permite alcanzar la productividad en la industria y marca la pauta para la diferenciación entre países desarrollados y subdesarrollados.

Es común encontrar la referencia de Ingeniería de Métodos como el estudio de tiempos y movimientos, aunque otros han sugerido emplear términos como “organización de métodos”, “proyecto de trabajo” y “estudio del trabajo”. Hoy por hoy, la definición de Ingeniería de Métodos sigue siendo difusa, en el sentido de que algunos autores le atribuyen tanto el estudio de movimientos, como el de tiempos; mientras que otros le asignan sólo el primero, y el segundo lo toman como una técnica aparte, dándole el nombre de “Medición del trabajo”. Por ejemplo, la OIT (Organización Internacional del Trabajo), se refiere a esta temática bajo el nombre de Estudio del trabajo, como un conjunto de técnicas para aumentar la productividad mediante la reorganización del trabajo, subdividiéndose en el estudio de métodos y la medición del trabajo (OIT: Oficina internacional del Trabajo, Ginebra, 2006). La primera se refiere al *“registro y examen crítico sistemático de los modos de realizar actividades, con el fin de ejecu-*

tar mejoras” y la segunda, a *“la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea según una norma de rendimiento establecido”*; tales definiciones fueron adoptadas del BSI (British Standards Institute Staff, 1992).

Así, el estudio de métodos o movimientos define el cómo se hace y la medición del trabajo, el cuánto demora; por tanto se recomienda que se hagan en el anterior orden expuesto. Lo importante en definitiva es tener en cuenta que ambas son primordiales en pro de la productividad y la eficiencia en el trabajo; y que todos los autores convergen en la idea de su interdependencia y combinación en la aplicación para alcanzar el éxito. En este documento, se tratan ambos estudios.

3.1.2 Técnicas de la Ingeniería de Métodos y Tiempos

Al mencionar las técnicas de la Ingeniería de Métodos y Tiempos, se está haciendo referencia a sus herramientas, las cuales suelen ser las mismas en los libros, siendo sus nombres los que cambian según el autor, pero conservando su utilidad y enfoque. Para efectos de este artículo se mencionan las más comunes en la Tabla 4.

Tabla 4. Técnicas de la Ingeniería de Métodos y Tiempos

Ingeniería de Métodos	
Diagrama de procesos	Cursograma que incluye las operaciones, inspecciones, transportes, esperas y almacenamientos (OIT (Oficina internacional del Trabajo Ginebra), 2006)
Diagrama de operaciones	Cursograma que incluye la secuencia de operaciones e inspecciones de un trabajo o actividad (OIT (Oficina internacional del Trabajo Ginebra), 2006)
Diagrama de recorrido	Plano a escala que muestra la continuidad y los flujos de los elementos en el proceso productivo (OIT (Oficina internacional del Trabajo Ginebra), 2006)
Diagrama de hilos	Plano a escala en el que se sigue con un hilo el recorrido del material o del operario (OIT (Oficina internacional del Trabajo Ginebra), 2006).
Diagrama de actividades múltiples	Registra las respectivas actividades de varios objetos de estudio (máquinas u operarios) según una escala de tiempo común (OIT (Oficina internacional del Trabajo Ginebra), 2006).
Diagrama bimanual	Describe la operación realizada por cada mano en una escala de tiempo común (OIT (Oficina internacional del Trabajo Ginebra), 2006)
Diagrama hombre – máquina	Permite conocer paralelamente las actividades realizadas por un operador y su(s) máquina(s) a cargo. (OIT (Oficina internacional del Trabajo Ginebra), 2006)
Gráfico de trayectoria	Cuadro donde se consignan datos cuantitativos sobre los movimientos de trabajadores, materiales o equipo entre cualquier número de lugares durante cualquier periodo dado de tiempo (OIT (Oficina internacional del Trabajo Ginebra), 2006)
Economía de movimientos	Lista de principios creados en 1964 por Gilbreth y Barnes en cuanto a: el uso del cuerpo humano, la disposición y estado del lugar de trabajo; y el diseño de las herramientas o aparatos (Alford, Bangs, & Hageman, 1992)
Estudio de micromovimientos	Estudio de los movimientos a mayor detalle, descomponiendo las operaciones en elementos o movimientos básicos conocidos como therbligs (Meyers, 2000). Usualmente emplean cámaras de cine o de videograbación (Mundel).
Análisis de operaciones	Procedimiento que involucra una actitud interrogativa sobre aspectos como la finalidad de las operaciones, el diseño de las piezas, los materiales y su manipulación, las condiciones de trabajo (ventilación, iluminación, biometría, ergonomía, etc.), entre otros (Maynard, 1991).
Ingeniería de Tiempos	
Muestreo del trabajo	Estima el porcentaje del tiempo total, empleado por una persona en una actividad, a través de observaciones hechas al azar y analizadas estadísticamente (Vaughn, 2000).
Cronometraje	Medición del tiempo que requiere un operador calificado y a un ritmo normal para realizar cierta actividad, por medio de un cronómetro (OIT (Oficina internacional del Trabajo Ginebra), 2006).
Sistemas de estándares de tiempos predeterminados (PTSS)	Utilización de tablas que tienen estimaciones de los tiempos según los movimientos básicos o therbligs (Krick, 1999) y que se llevan a cabo durante un fase de plantación (Meyers, 2000). Existen diferentes técnicas como: MTM (Methods time measurement), MOST (<i>Maynard Operacional Sequence Technique</i>), MODAPTS (<i>Modular Arrangement of PTS</i>), Work-Factor, etc. (Hicks, 1999).
Datos estándares	Tiempos tomados de bases de datos de estudios de tiempos pasados (Meyers, 2000).
Según expertos	Son dados por la opinión experta de una persona con experiencia (Meyers, 2000).

Fuente: Elaboración propia

En el desarrollo de un buen estudio, no es imprescindible la utilización de todas las técnicas descritas, por el contrario, dependiendo del contexto y de las características del proceso, se eligen las que se crean que puedan servir de apoyo en búsqueda del resultado perseguido.

3.1.3 Aplicaciones

Según Niebel (1970), la Ingeniería de Métodos y Tiempos tiene dos momentos de aplicación: el primero es al diseñar un puesto de trabajo para la realización de un producto, y el segundo al continuar en la búsqueda de mejoras de los sistemas existentes. Por estos motivos puede encontrar su campo de acción en cualquier tipo de organización, ya sea cuando se esté diseñando o reestructurando ante la incursión de nuevas tecnologías, cambios operacionales, entre otros.

Por medio de las técnicas ya nombradas, se puede mejorar un proceso productivo, involucrando las condiciones del puesto de trabajo, el diseño y la disposición de recursos como herramientas, equipos y personas, eliminando todo aquello que no genera valor y que se puede considerar como desperdicio. Además, se establecen los tiempos estándar, logrando una reducción del tiempo de ciclo necesario para producir una unidad o la prestación de un servicio. Una organización que aplique correctamente las técnicas del estudio de tiempos y movimientos, podrá ser una organización competitiva en el mercado, que se destaque por la eficiencia de

sus procesos, así también como por la satisfacción de sus empleados por un reconocimiento verdadero de su labor.

Para ampliar la aplicación de la Ingeniería de Métodos y Tiempos, se presentan algunos campos en los que podría emplearse:

- En el Diseño de plantas se puede hacer uso de diagramas de recorrido, procesos y de hilos (Vaughn, 2000), para lograr una buena distribución del espacio según el flujo de materias primas y productos terminados (Gómez-Senent, Gómez-Senent, Aragonés, Sánchez, & Lopez, 1997). Es decir, que se basa principalmente en herramientas de la Ingeniería de Métodos.
- En el Análisis de Puestos de trabajo la disposición de herramientas y materiales es crucial para reducir la fatiga y los esfuerzos físicos (Maynard, 1991). Para ello se pueden emplear diagramas como el bimanual.
- En la Documentación de procesos, se utilizan diagramas de Ingeniería de Métodos para la elaboración de manuales de funciones (García R., 1998).
- En el Control de calidad se puede aplicar Ingeniería de Métodos en el diseño de puestos de trabajo de las inspecciones y ensayos y en la documentación y definición de procesos para el control de la calidad (Meyers, 2000).
- En la definición de Salarios, la Ingeniería de Métodos aporta

- información para la creación de sistemas de salarios al destajo o basados en funciones. También, es útil para la implementación de bonificaciones e incentivos laborales (García A., 2006).
- En Producción, las técnicas descritas son la base para mejoras y comparaciones entre los métodos de producción en busca de generar productividad (Mundel, Motion and time study, 1960). Son referentes para la planeación de la producción y capacidad del proceso (García R., 1998). Es posible decir que ésta es la mayor área de aplicación.
 - En la determinación de recursos, se puede utilizar como herramienta para el análisis y asignación de puestos de trabajo, materiales, máquinas y herramientas (Mundel, Motion and time study, 1960).
 - Para el control de costos, los tiempos de los elementos y del proceso productivo en su totalidad, se tienen en cuenta para el cálculo de costos variables y de mano de obra. En resumen, el estudio de tiempos aporta a la determinación de costos estándar para posteriormente establecer un precio (Mundel, Motion and time study, 1960).
 - En la Simulación para la modelación de un proceso productivo, se debe realizar una toma de datos para la recolección de los tiempos que toman las operaciones y lograr una simulación cercana a la realidad (Dyner, Peña, & Arango, 2008).
 - En la supervisión y administración, es necesario para coordinar y llevar un control, tanto de operaciones como de personal, máquinas y materiales que permita medir la eficiencia (García R., 1998).
 - En la Cadena de Suministro, principalmente en los procesos logísticos, se puede emplear como herramienta para el diseño de puestos de trabajo y flujos de materiales y productos.

Con lo anterior resulta la idea de que la Ingeniería de Métodos y Tiempos es la base de muchas otras técnicas y disciplinas porque define las operaciones y proporciona información cuantificable sobre éstas. Así mismo se desempeña dentro de la cadena de Suministro y más precisamente en la logística como se plantea a continuación.

4. Ingeniería de Métodos y Tiempos y la SC

Al analizar la relación entre Ingeniería de Métodos y Tiempos y SC, es posible que su relación parezca ser obvia y básica, pero en la literatura no es común encontrarla de una manera explícita, mas sí a través de la inferencia propia del lector. Es por esto que el presente artículo intenta definir a grandes rasgos la existencia de dicha relación, resaltar su importancia y aplicación.

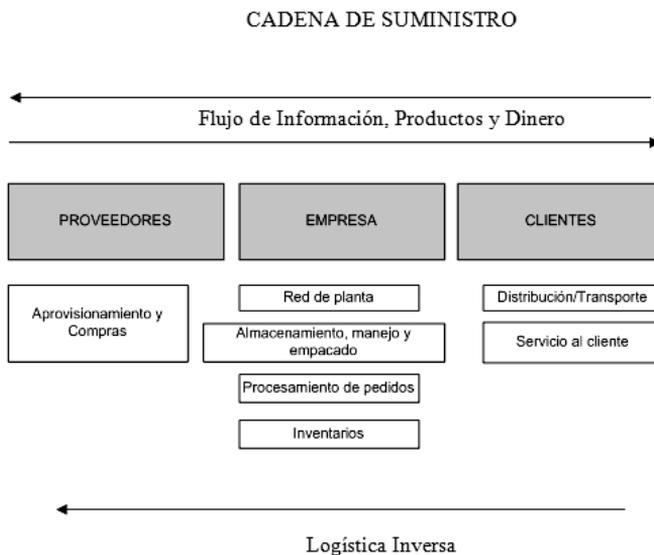
Hasta aquí se ha mencionado que la unión estratégica entre las organizaciones, y que ha generado el concepto de SC, es una relación de sinergia (Lambert, 2001). La obtención de un producto o

servicio por parte del consumidor final, es el resultado de procesos correspondientes a diversas empresas, desde la sustracción de materias primas, la producción y la venta, hasta otros como el transporte, el abastecimiento y la distribución. Igualmente, en dichos diferentes procesos que se desarrollan en la SC se necesita de un control financiero, logístico, de calidad, *marketing*, etc., dependiendo de cada caso. Se llega de esta manera, a lo que ya se explicó con el nombre de SCM, pues regula todos estos procesos para que estén sincronizados y encaminados hacia los objetivos. Mentzer y otros (2002) proponen la siguiente definición que encierra la idea planteada sobre SC y su gestión: *“La administración de la cadena de suministro se define como*

la coordinación sistemática y estratégica de las funciones tradicionales del negocio y de las tácticas a través de estas funciones empresariales dentro de una compañía en particular, y a través de las empresas que participan en la cadena de suministro con el fin de mejorar el desempeño a largo plazo de las empresas individuales y de la cadena de Suministros como un todo”.

Dentro de la SC se generan, como resultado de los procesos de SCM, flujos de materiales, productos terminados, productos procesados, información y dinero; que no sólo se dan dentro de la SC en dirección al cliente final, sino también en forma inversa (Figura 1). Los flujos de materiales y productos, y por supuesto la información concerniente, son inherentes a la logística.

Figura 1. Cadena de Suministro



Fuente: Arango, Zapata y Gómez (2010)

Ahora, sobre el vínculo entre la SC y la Ingeniería de Métodos y Tiempos, es evidente que la segunda es la base de los procesos productivos, pues proporciona las metodologías que hacen eficientes las operaciones en la forma de ser ejecutadas, dando directrices del tiempo estándar que requieren y la garantía de un puesto adecuado de trabajo. Así mismo se aplica a las operaciones involucradas en la logística de entrada, interna, de salida e inversa, adicionándoles versatilidad, rapidez y calidad.

Para lograr el objetivo de encontrar el empalme entre la Ingeniería de Métodos y Tiempos y la Logística, se expone lo que podría representar la Ingeniería de Métodos y Tiempos en el nombrado contexto logístico. Para ello, su papel en la logística se aborda en la Tabla 5 como factor de definición y estandarización

de los procesos, y factor de control y mejora.

Lo anterior se basa también en ideas de algunos autores como Heskett & Hart (1993) y Robbins & Decenzo (2003) que coinciden en que la Ingeniería de Métodos y Tiempos es una alternativa en la visión de mejora de la productividad. La productividad es la relación entre la utilización de unos recursos y la obtención de beneficios a partir de ellos, ya sea de tipo económico, en cantidades de unidades de producción, de calidad, de satisfacción en el trabajo o de clientes. Cabe decir que las SC, concentran sus esfuerzos en perseguir y alcanzar la productividad para liberar productos y servicios en un menor tiempo, tener una respuesta rápida frente a su demanda y así lograr competitividad y mayor capacidad de producción.

Tabla 5. Factores que definen el papel de la Ingeniería de Métodos y Tiempos en la logística.

Factor	Descripción
Definición y estandarización de procesos	Por medio de las técnicas de la Ingeniería de Métodos y Tiempos se hallan las mejores maneras de ejecutar una operación (los métodos) y los recursos que se requieren para ello, que a su vez dan como resultado un tiempo asignable. Luego se establecen, documentan y estandarizan, definiendo finalmente cada operación. El alcance de esta definición y estandarización en cuanto a las operaciones de la logística, traerá consigo ventajas visibles a través de la disminución de tiempos de transporte (de materia prima, producto en proceso y producto terminado), entregas, cargue, descargue, <i>picking</i> , etc., sin sacrificar los niveles de la calidad. En palabras cotidianas, traería "agilidad" a los procesos entre y para las organizaciones.
Control y mejora	Una organización, al evidenciar que su capacidad de respuesta a los demás miembros de la SC, es insuficiente, puede efectuar un procedimiento de búsqueda de los motivos de tal problema a través de la Ingeniería de Métodos y Tiempos como lupa en la revisión de los procesos y puestos de trabajo y en la exploración de posibles mejoras, siendo más fáciles de identificar por la estandarización y parámetros definidos con anterioridad en ésta técnica.

Fuente: Elaboración propia

En ocasiones, en la logística empresarial, se toman medidas que consisten en la mejora o también llamada "optimización" de las operaciones en sus procesos y que están ligadas a la productividad, por lo cual es posible decir que de manera global y encerrando los dos factores anteriormente propuestos, se puede decir que la Ingeniería de Métodos y Tiempos es una estrategia para el logro de la productividad. La Ingeniería de Métodos y Tiempos es básica para las organizaciones para una utilización eficiente de los recursos, ya sean personas, máquinas o materiales. Además, la implementación de las técnicas de Ingeniería de Métodos y Tiempos puede ser tomada como estrategia conjunta de las organizaciones de la SC, pues cada empresa "debe lograr la integración de su estrategia elegida de arriba a abajo en la cadena de Suministros (...)" (Heizer & Render, 2007).

El rol de las técnicas de Métodos y Tiempos, mencionadas en la Tabla 4, se puede verificar de manera general en la logística de entrada, interna, de salida e inversa, en los aspectos que se muestran a continuación:

- Caracterización de los procesos, operaciones y puestos de trabajo por medio de diagramas de procesos, diagramas de operaciones, diagramas hombre-máquina y diagramas bimanuales. Lo anterior facilita la documentación de los mismos.
- Diseño de puestos de trabajo basados en economía de movimientos,

estudio de micromovimientos y análisis de operaciones. Estos puestos de trabajo en la logística están muy ligados a los de oficina, carga-descarga, *picking*, maniobras de equipos de manejo, etc.

- Definición y registro del recorrido de los materiales y productos por las instalaciones o planta (flujos) con diagramas de recorrido y de hilos. Los dos anteriores también pueden ser utilizados, junto al gráfico de trayectoria, para el análisis de estos flujos, para minimizar desplazamientos, tiempo y manipulación. Este punto es verdaderamente fundamental para la logística por definición, para tener un *layout* acorde a ellos.
- El muestreo de trabajo, los cronometrajes, datos estándares, empíricos e históricos sirven para la evaluación de los puestos de trabajo y de los mismos operarios, así como también para establecer directrices y los tiempos que se necesitan para realizar los procesos en general, fijando la capacidad y los límites de la organización.

A pesar de que ya se mencionó cómo puede esta disciplina de la ingeniería afectar positivamente la gestión logística de la SC, el panorama mostrado todavía resulta ser muy general como para tener la claridad esperada; de manera que en la Tabla 6 se plantean ejemplos de la aplicación de Métodos y Tiempos,

en los tipos de logística de la Tabla 3, tanto en una empresa manufacturera como en una del Sector de Servicios.

De la Tabla 6, se puede obtener, a manera de conclusión, que la Ingeniería de Métodos y Tiempos constituye una herramienta base para los procesos lo-

gísticos tanto en empresas manufactureras como del Sector Servicios. Igualmente, hay que destacar el impacto que indirectamente se puede generar por medio de la efectividad en las demás áreas de aplicación mencionadas en el numeral 3.1.3.

Tabla 6. Ejemplos de aplicación de métodos y tiempos

SC	SCM	Logística		EMPRESAS MANUFACTURERAS	EMPRESA DE SERVICIOS
			Aprovisio- namiento o logística de entrada	Caracterización, diseño y mejoras en el puesto de trabajo de operarios descargue de la materia prima que llega a la organización y que debe ser llevada a los almacenamientos establecidos.	Muestreo de trabajo para evaluar la necesidad de acondicionar un puesto de trabajo más en una taquilla
			Producción o logística interna	Diagrama de recorrido desde el almacenamiento de materias primas, pasando por la zona de producción y finalmente llegando a la bodega o área de despacho. En una empresa de servicios	Gráficos de trayectorias para identificar los recorridos más transitados por los clientes o empleados.
			Distribución o logística de salida	Cronometraje para establecer los tiempos de transporte en la distribución de los productos terminados a cada uno de los centros de distribución, clientes o destinos prefijados	Cronometraje para conocer cada cuánto sale un cliente del sistema para determinar el número de salidas necesarias
Logística inversa	Diagrama de operaciones en que especifique el momento del proceso productivo en el que entra material a reprocesar.	Diseño del puesto de trabajo para la atención de reclamos y atención al usuario (Post- servicio)			

Fuente: Elaboración propia

5. Conclusiones

- La visualización de la organización como parte de una Cadena de Suministro, es fundamental para alcanzar de manera conjunta (con las demás organizaciones que la componen) la

satisfacción del cliente, pues esto último se logra a través de los esfuerzos y de las buenas prácticas desde la consecución de las materias primas hasta la misma entrega al cliente. Para ello, es imprescindible

fomentar el buen funcionamiento de la Cadena, es decir, la Gestión de la Cadena de Suministro.

- La logística es la buena gestión de los flujos de materiales y productos, no sólo dentro de la organización sino a través de la SC y es fundamental para propiciar un flujo ágil y eficaz que proporcione una capacidad de respuesta rápida y eficiente. La logística está presente durante todo el ciclo de producción de un bien o servicio: en el aprovisionamiento de las materias primas, la gestión de éstas, los productos en proceso y los ya terminados, la distribución y la llamada logística inversa que se enfoca en las devoluciones, reciclaje, reprocesos, etc.
- La Ingeniería de Métodos y Tiempos comprende técnicas básicas de la Ingeniería industrial, en la búsqueda de la productividad en la organización. Se caracteriza por la definición de los procesos, la mejora de los puestos de trabajo desde lo operativo hasta lo ergonómico, el registro de los procesos y de los flujos de materiales y personas y la designación y estandarización de tiempos para las operaciones.
- La aplicación de la Ingeniería de Métodos y Tiempos puede ser vista como un concepto más propio de cada empresa que de la SC como tal. Aunque es posible que exista la tendencia de concebir que ésta es

tan básica y fundamental que no tendría una repercusión en la Cadena, también se debe analizar que si cada una de las empresas que la conforman, aplica las herramientas de la Ingeniería de Métodos y Tiempos, se puede mejorar la productividad de toda la cadena.

- En la logística, la Ingeniería de Métodos y Tiempos puede utilizarse como Factor de definición y estandarización de los procesos y como Factor de control y mejora. El primer factor se refiere al perfeccionamiento de las operaciones y su estandarización bajo el establecimiento de los tiempos que éstas requieren; y el segundo, a la utilización de los parámetros y las definiciones realizadas en el factor anterior, para el control y la búsqueda de alternativas que conlleven a una mayor productividad.
- En general, se puede hablar de la Ingeniería de Métodos y Tiempos como una estrategia para el logro de la productividad, ya que implementando sus técnicas se puede lograr una mayor eficiencia en los procesos. Lo anterior se puede realizar tanto en una empresa como en toda la SC, especialmente en los procesos relacionados con la logística de entrada, logística interna, logística de salida y logística inversa, garantizando un flujo de materiales, productos e información oportuno y eficaz.

Referencias

- Alford, L., Bangs, J. R., & Hageman, G. (1992). *Manual de la producción*. Limusa.
- Aranda, A. (2006). *El análisis del ciclo de vida como herramienta de gestión empresarial*. FC.
- Arango Serna, M. D., Zapata Cortés, J. A., & Gómez Montoya, R. A. (2010). Estrategias en la cadena de suministro para el distrito minero de Amagá. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, pp. 37-38.
- Ballou, R. (2004). *Business Logistics Management*. USA: Prentice Hall.
- Barbier, P. (1960). *El progreso técnico y la organización del trabajo*. Taurus.
- Barnes, R. (1964). *Motion and time study: design and measurement of work*. USA: John Wiley & Sons.
- British Standards Institute Staff. (1992). *Glossary of terms used in work management services*. Londres: BS 3138.
- Chase, R., Aquilano, N., & Jacobs, F. R. (2000). *Administración de la producción y operaciones*. Mc Graw Hill Interamericana.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2001). *Supply chain management strategy, planning and operation*. USA: Prentice Hall.
- Dyner, I., Peña, G. E., & Arango, S. (2008). *Modelamiento para la simulación de sistemas socio-económicos y naturales*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- García, A. (2006). *Recomendaciones táctico-operativas para implementar un programa de logística inversa: Estudio de caso en la industria de reciclaje*. Eumed.
- García, R. (1998). *Estudio del trabajo. Medición del trabajo*. Mc Graw Hill.
- Gómez-Senent, E., Gómez-Senent, D., Aragonés, P., Sánchez, M. A., & Lopez, D. (1997). *Cuadernos de Ingeniería de proyectos I. Diseño básico de plantas industriales*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Handfield, R., & Nichols, E. L. (2002). *Introduction to supply chain management*. Prentice Hall.
- Hax, A., & Majluf, N. (2007). *Estrategias para el liderazgo competitivo*. Pearson Education, Inc.
- Heizer, J., & Render, B. (2007). *Dirección de la producción y de las operaciones. Decisiones tácticas*. Pearson Education.
- Heskett, J., & Hart, C. (1993). *Cambios creativos en servicios*. Diaz de Santos.
- Hicks, P. E. (1999). *Ingeniería Industrial y administración; una nueva perspectiva*. Compañía Editorial Continental.
- Hugos, M. (2006). *Essentials of Supply chain management*. John Wiley & Sons.
- Kotler, P., & Armstrong, G. (2001). *Marketing*. Pearson Education.
- Krick, E. (1999). *Ingeniería de Métodos*. Limusa.
- Lambert, D. (2001). *Handbook of logistics and supply chain management. Chapter 7: The supply chain management and logistics controversy*. Pergamon. Elsevier science.
- Martínez, D., & Milla, A. (2005). *La elaboración del plan estratégico y su implantación a través de cuadro de mando integral*. Altair: Diaz de Santos.
- Mauleon, M. (2008). *Gestión de stock. Excel como herramienta de análisis*. Diaz de Santos.
- Maynard, H. (1991). *Manual de ingeniería y organización industrial*. Reverté Colombiana.

- Mentzer, J. (2004). *Fundamentals of Supply chain management. Twelve drivers of competitive advantage*. USA: SAGE.
- Mentzer, J., DeWitt, W., Nix, S., Min, S., Nix, N., Smith, C., y otros. (2002). Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*, pp. 1-25.
- Meyers, F. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil*. Prentice Hall.
- Miranda, F., Lacobo, S., Chamorro, A., & Bañegil, T. (2005). *Manual de dirección de operaciones*. Thomson.
- Mundel, M. E. (1960). *Motion and time study*. Prentice Hall.
- Mundel, M. E. (s.f.). *Motion and time study*. 1960: Prentice Hall.
- Muñoz, A. (2007). *Logística y turismo*. España: Diaz de Santos.
- National research council staff. (2000). *Surviving Supply Chain. Integration: Strategies for Small Manufacturers*. USA: National Academies Press.
- Niebel, B. (1970). *Ingeniería Industrial. Estudio de tiempos y movimientos*. Representaciones y servicios de Ingeniería S.A.
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2002). *Methods, standards and work design*. Mc Graw Hill Professional.
- OIT (Oficina internacional del Trabajo Ginebra). (2006). *Introducción al estudio del trabajo*. México: Limusa.
- PILOT. (2011). *Empresa*. Recuperado el 5 de Octubre de 2011, de Las claves de la Supply Chain: <http://www.programaempresa.com/empresa/empresa.nsf/paginas/D0407C086A64D097C125705B00322388?OpenDocument>
- Porter, M. (1987). *From competitive advantage to corporate strategy*. Harvard Business Review.
- Porter, M. (1995). *Ventaja competitiva: Creación y sostenimiento de un desempeño superior*. México: Compañía Editorial Continental.
- PriceWaterhouseCoopers. (2007). *Empresa*. Recuperado el 6 de Octubre de 2011, de Manual práctico de logística: [http://www.programaempresa.com/empresa/empresa.nsf/0/fcc81cc542171a31c125705b0032bd07/\\$FILE/03.pdf](http://www.programaempresa.com/empresa/empresa.nsf/0/fcc81cc542171a31c125705b0032bd07/$FILE/03.pdf)
- Robbins, S., & Decenzo, D. (2003). *Fundamentos de administración: conceptos esenciales y aplicaciones*. Pearson Prentice Hall.
- Serra de la Figuerola, D. (2005). *Logística empresarial en el nuevo milenio*. Barcelona: Ediciones Gestión 2000.
- Soret, I. (2006). *Logística y marketing para la distribución comercial*. ESIC.
- Stock, J. (1992). *Reverse Logistics*. Oak brook: CLM.
- Terrado, A. (2007). *La Cadena de suministro*. Argentina: Monografías.
- Tompkins, J. A., & Harmelink, D. (2004). *The Supply Chain Handbook*. Tompkins Press.
- Urzelai, A. (2006). *Manual básico de logística integral*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos S.A.
- Vaughn, R. (2000). *Introducción al a ingeniería industrial*. Barcelona: Reverté.
- Waters, D. (2007). *Global logistics: New Directions in Supply chain management*. The United Kingdom: Kogan Page Publishers.