

## Modelo de Referencia de Redes de Valor para un desarrollo sostenible

José A. Acevedo Suárez, Martha I. Gómez Acosta, Teresita López Joy,

Ana Julia Acevedo Urquiaga & Yinef Pardillo Baez

acevedo@tesla.cujae.edu.cu, marthagom@tesla.cujae.edu.cu, tljoy@ind.cujae.edu.cu,

anajulia@economia.cujae.edu.cu, yinef@ind.cujae.edu.cu

Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE), La Habana, Cuba

**Resumen.-** A partir del estudio de casos y la modelación de sistemas logísticos se formula el contenido y estructura de un Modelo de Referencia para la organización y gestión de Redes de Valor como etapa superior de desarrollo de la gestión integrada de las cadenas de suministro. La definición de un modelo matemático para el balance de la Red de Valor permite revelar las características y los principios de organización y gestión de las Redes de Valor. El instrumento obtenido permite a las cadenas de suministro evaluar su nivel de desarrollo e identificar las características que deben desarrollar para alcanzar el concepto de Red de Valor, el cual se basa en el desarrollo del conocimiento y la integración medio ambiental como sostenes de la misma y su posicionamiento competitivo en el mercado globalizado.

La debida integración en el modelo de los factores medio ambientales asegura que las Redes de Valor se inserten en los objetivos de promover un desarrollo sostenible. El concepto actual de flujo logístico se amplía al incorporar al mismo el intercambio de energía, recursos e impactos con el medio ambiente.

Los métodos de investigación utilizados se basaron en una combinación de estudio y experimentación de casos y la modelación conceptual y matemática de sistemas.

**Palabras clave:** Cadena de Suministro, Gestión Integrada, Modelación, Valor Agregado

### Abstract

Case studies and modeling of logistics systems are the basis for the formulation of the content and structure of a reference model for the organization and management of Value Networks as a higher stage of integrated development of supply chains. The definition of a mathematical model for the balance of the Value Network can reveal the characteristics and principles of organization and management of Value Networks. The instrument obtained enables supply chains to assess their level of development and identify the characteristics that should be developed to reach the concept of Value Network, which is based on knowledge development and environmental integration as supports of the same and its competitive position in the global market.

Proper integration into the model of environmental factors ensures that Value Networks are inserted into the objectives of promoting sustainable development. The current concept of logistics flow is extended to incorporate within it the exchange of energy, resources and impacts to the environment.

The research methods used were based on a combination of study and experimentation of cases and the conceptual and mathematical modeling of systems.

**Keywords:** Supply Chain, Integrated Management, Modeling, Value Added

## Introducción

La gestión integrada de cadenas de suministro (*Supply Chain Management-SCM*) constituye en la actualidad una de las últimas tendencias internacionales en la dirección de los negocios como una fase de mayor integración y que según Chopra & Meindl (2010) “envuelve el constante flujo de información, productos y fondos entre diferentes etapas”, no reconociendo explícitamente los flujos que se producen con el medio ambiente.

Por otra parte se ha desarrollado el concepto de Fábrica Digital (Menges & Schmitt 2005) que busca lograr un modelo integrado de productos, procesos y recursos basado en la informática y las comunicaciones para generar mayor competitividad.

La adopción de formas organizativas para lograr la integración en toda la cadena de suministro es la preocupación actual. Es así que Pladeck (2005) al abordar la implementación de los sistemas logísticos conceptualiza a los procesos como instrumentos de integración de la cadena de suministro tanto internamente en la empresa como con las demás empresas integrantes de la cadena de suministro. Un ejemplo de ello ha sido la reingeniería de procesos realizada por la compañía Shering, AG (Revista Logistik Heute 2005) al crear el concepto de *Pipeline - Supply Units* (PSU) donde se integran el suministro de materias primas, la fabricación y distribución de medicamentos, especializando a cada unidad en determinadas formas de presentación de los medicamentos o por tipos de materias primas.

De igual forma Scherle & Rhensius (2005) describen el enfoque de Gestión de Grupos de Materiales en que el proceso de aprovisionamiento se basa en la formación de equipos multidisciplinares especializados en grupos de materiales donde estos equipos se distribuyen en todas las unidades organizativas de la empresa, con lo que el proceso se extiende por

toda la empresa y pasa a constituir un elemento importante de la integración y trasciende la estructura funcional.

Esta tendencia de extensión de los procesos en la empresa y entre empresas los hacen más complejos y requiere que se incremente la integración interna de su estructura, organización y gestión con el apoyo del amplio desarrollo actual de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), lo cual aún no se ha concretado en su máxima potencialidad.

Al analizar el Modelo de Procesos Standard de la Logística de Baugarten & Thoms (2002) éstos reconocen 4 subcadenas de procesos de la logística: desarrollo, abastecimiento, tratamiento de pedidos y logística reversa. Dentro de cada subcadena se identifican respectivamente 2, 3, 5 y 3 procesos cuyo carácter no puede enmarcarse en ningún área funcional de la empresa, lo cual indica que deben organizarse transversalmente, e incluso en algunos casos abarcando áreas de otras empresas como clientes, proveedores, operadores logísticos, etc. Con este enfoque estos autores enfatizan en considerar algunos elementos medio ambientales (la logística reversa) y en romper el esquema funcional de la organización tradicional de las empresas e instituciones.

La generalidad de los modelos de procesos tienen un carácter descriptivo, haciendo énfasis en: alcance, contenido, procedimientos, prácticas empresariales en su ejecución e indicadores que caracterizan el desempeño del mismo. Además de estos elementos importantes para la organización y gestión de los procesos, en la actualidad existen en la literatura y en la práctica múltiples enfoques y técnicas que impactan en los procesos, tales como:

- Enfoque de proceso
- Análisis de valor
- Tableros de control
- Gestión de riesgos
- Modelos funcionales (Gestión de Recursos

Humanos, Gestión de la Calidad, Gestión del Conocimiento, Gestión Ambiental, y otros) en que su concreción tiene que ser en los procesos. En estos modelos funcionales se van sintetizando los resultados más avanzados en la práctica empresarial

- Regulaciones internacionales, nacionales, locales y ramales que en gran parte tienen que concretarse a nivel de los procesos

La necesidad de lograr niveles superiores de integración de diversos modelos desarrollados hasta ahora de forma independiente para poder acceder a modelos de negocios más competitivos ante la profundización de las exigencias del entorno, los clientes y la competencia junto con la mayor complejidad de los modelos individuales lo pone de manifiesto Tomaso Forzi en su artículo “Machbarketsstudien im E-Business” (Forzi 2005a) al formular la *House of Value Creation* (HVC) o Casa de Creación de Valor como “...un enfoque fundamentado y pragmático para la ejecución sistémica de estudios de potencialidades y para el consecuente desarrollo de modelos de negocios alcanzables”. La HVC está compuesta de 6 submodelos:

**Modelo de mercado.** Análisis de clientes y de competidores potenciales

**Modelo de rendimiento.** Desarrollo de productos y servicios para la satisfacción de las necesidades de los clientes

**Modelo de precio.** Descripción fundamentada y valoración de ingresos. Elasticidad de los precios

**Modelo de obtención de rendimientos.** Infraestructura para el portafolio de productos y servicios

**Modelo de red e información.** Configuración de la red interempresarial de creación de valor y descripción de los flujos de rendimiento e información

**Modelo financiero.** Análisis de la necesidad de capital, identificación de fuentes de capital y valoración de riesgos

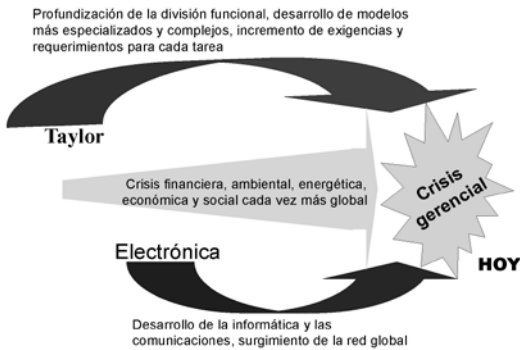
En este modelo recomendado por Forzi se trabaja sólo al nivel descriptivo y no es explícito los elementos medio ambientales, el conocimiento, la técnica de gestión y las exigencias del entorno. Para conformar procesos integrados competitivos se requiere considerar en esta integración el conocimiento. Tal consideración la formula el propio Forzi en otro de sus artículos al expresar que “...el factor conocimiento juega un rol central en la creación de valor en las redes de empresas.” (Forzi 2005b) al sintetizar el estudio realizado en 42 redes de empresas en Alemania, Italia, Austria y Suiza.

Por esto, como lo plantea Straube, existe una importante interacción entre la logística y el medio ambiente (Straube & Pfohl 2008). Ni el concepto de logística ni el de medio ambiente constituyen, individualmente, aspectos novedosos, pero el autor identifica una tendencia actual sobre el manejo de la logística integrada al concepto de sustentabilidad ¿Se estará añadiendo valor a los procesos? El reto se encuentra hoy en cómo estructurar la gestión de las cadenas de suministro enmarcado en el desarrollo sostenible dado que el desarrollo de la logística y las redes de valor se ha estado produciendo paralelamente al primero, es decir han transitado desarrollos individuales y se requiere un proceso de integración.

Todos estos elementos conforman un escenario de mayor complejidad para la gestión de los procesos y las cadenas de suministro con el fin de satisfacer competitivamente las crecientes y más complejas exigencias financieras, económicas, ambientales y sociales que se generan en el entorno y por los clientes en mercados cada vez más globalizados.

Producto del propio desarrollo de los modelos gerenciales que han ido profundizando y aumentando la complejidad de cada uno de los

componentes de la dirección y paralelamente al desarrollo de las TIC que generan nuevas posibilidades de integración, se ha estado conformando una crisis gerencial (Fig. 1 ), perfilándose una tendencia a la búsqueda de integración de los distintos sistemas tal como plantea Zorrilla (2002).



**Figura 1.** Desarrollo de la crisis gerencial.

En esa misma dirección Briz reconoce que “el funcionamiento integral de la cadena alimentaria está en buena medida condicionado a la capacidad de incorporar las TIC en sus diversos eslabones comerciales” y también reconoce que “hoy en día la brecha tecnológica se está incrementando entre los países ricos y pobres y entre las empresas innovadoras y las conservadoras” (Briz 2003).

La solución de esta contradicción requiere de una mayor integración interna en los procesos a través de ejercer la gestión de los mismos apoyado en modelos y herramientas que permitan una consideración integral de todas (o la mayoría) de las exigencias y variables del proceso y de su entorno y del perfeccionamiento de los mecanismos económicos tal como lo formula el Nobel de Economía en el 2007 Leonid Hurwicz (Hurwicz 2006).

A pesar de que se reconoce la necesidad de integrar, los enfoques de cadena de suministro no enfatizan adecuadamente en el problema medio ambiental que hoy se convierte en prioridad

para el desarrollo de cualquier país y para autores como Pereira *et al.* (2006) “no se puede concebir el desarrollo sostenible si los aspectos ambientales no son considerados en cada decisión humana” e incluso dentro de los objetivos del milenio aprobados por la Organización de las Naciones Unidas establecen en su meta 9 el imperativo de “incorporar los principios del desarrollo sostenible en las políticas y programas nacionales e invertir la pérdida de recursos del medio ambiente” (Trueba 2006). De igual forma no se enfatiza en el conocimiento como sostén de su desarrollo.

El objetivo de este artículo es exponer la investigación realizada para obtener un Modelo de Red de Valor válido para las condiciones de Latinoamérica como apoyo a su desarrollo frente a los desafíos que enfrenta en el orden social, económico, energético y ambiental en su inserción en el proceso irreversible de globalización y su evaluación en cadenas agroalimentarias.

## Materiales y métodos

A partir de la problemática descrita anteriormente, se conceptualizó el siguiente problema:

Latinoamérica necesita dar un salto en su desarrollo económico y social, encontrándose que uno de los mayores obstáculos es la débil conformación e integración de las Cadenas de Suministro, lo cual dificulta insertarse competitivamente a nivel global, en la conformación e integración de las cadenas es necesario incorporar la solución de los en integración con la solución de los problemas energéticos, ambientales y sociales que también enfrenta la región.

La hipótesis formulada es la siguiente: el desarrollo y la aplicación del concepto para un modelo de Red de Valor en las condiciones de Latinoamérica, contribuye a la utilización de los potenciales propios en la solución de los problemas del desarrollo económico y social autóctonos en conjunto con el aseguramiento de una satisfactoria eficiencia y competitividad para una integración a nivel global.

La metodología de investigación utilizada (Fig. 2), se basó en la conjugación del estudio de casos, la modelación de sistemas logísticos y la experimentación en los objetos de estudios seleccionados que ha permitido llegar a la propuesta de un modelo de Redes de Valor aplicable en las condiciones de Latinoamérica. En esta metodología se ha partido del estudio y síntesis de las tendencias y experiencias internacionales, así como del estudio de casos tanto nacionales como internacionales que permitieron formular la modelación semántica (del tipo conceptual y descriptivo) y matemática (del tipo balance del sistema) de la Red de Valor como un concepto generalizador e integrador. Como forma de comprobación de la validez del Modelo propuesto, se pasó a la fase de evaluación en un conjunto de cadenas que a su vez lo retroalimentaron. Posteriormente, en la fase de experimentación, el modelo resultante se utilizó en cinco cadenas seleccionadas para determinar si con la aplicación del mismo se lograba el mejoramiento en su desempeño.

En la Tabla 1 se presenta la clasificación de los modelos usados.

El modelo de Red de Valor obtenido está integrado por un modelo matemático que permite obtener las proporciones cuantitativas y temporales que en cada momento hay que garantizar en la red y por un modelo descriptivo en el cual se brindan las características que debe adoptar la gestión de la Red de Valor y sus distintos

procesos para asegurar la eficiencia en la instrumentación de las mencionadas proporciones, con ajuste a las particularidades de cada red. El modelo matemático es la base para la plataforma informática para gestionar integradamente a la Red de Valor sobre la base de cada una de las variables especificadas en el modelo matemático.



Figura 2. Metodología de investigación utilizada.

El objeto de estudio estuvo conformado por 5 cadenas de suministros en las cuales se aplicó la metodología de investigación incluyendo la experimentación que permitió llegar a un modelo de Red de Valor válido en condiciones de país subdesarrollado. Estas cadenas de suministro son:

1. Cadena de aceite comestible (agroalimentaria) como se muestra en la Fig. 3
2. Cadena agroalimentaria del municipio Marianao en la provincia de La Habana
3. Cadena de suministro de explosivos (industrial)

Tabla 1. Clasificación de la modelación de los sistemas logísticos.

Grupo	Tipo de modelo	Función
Semántico	Conceptual	Formular conceptos, regularidades y principios de los sistemas
	Descriptivo	Describir los elementos del sistema, relaciones internas y externas, y los procedimientos de actuación presentados en esquemas y documentos
	Balance del sistema	Establecer las relaciones matemáticas entre los elementos del sistema que caracterizan a un sistema debidamente balanceado
Matemático	Simulación	Evaluar el funcionamiento del sistema de acuerdo a una determinada estrategia de su organización y aún determinado escenario
	Estadístico	Identificar las características y regularidades del sistema, tendencias de sus parámetros e interdependencias entre los mismos y las variables del entorno
	Optimización	Realizar un balance parcial entre parámetros críticos del sistema y objetivos del mismo

- 4. Cadena de suministro de libros (poligrafía)
- 5. Cadena de tiendas minorista (comercial)

Luego de formalizado el Modelo de Red de Valor (la generalización) el mismo se aplicó a 43 cadenas de suministro en Cuba y 34 en Bolivia que permitió evaluar el estado de cumplimiento de dicho modelo en una muestra de cadenas de suministro en estos países.

## Resultados

### Concepto de Red de Valor

Los estudios de casos realizados, así como el análisis de las experiencias internacionales, permitió conceptualizar que la base del desarrollo de las Redes de Valor, como una etapa superior de las cadenas de suministro, está centrado en el conocimiento, lo que determinó la formulación de la Casa de la Competitividad (Fig. 4), donde se especifica que la innovación como fomento del modelo de conocimiento de la empresa plasmado en la tecnología, el diseño del producto y servicio, la formación del personal, la organización y gestión, y la información constituye la base para desarrollar una Red de Valor en capacidad de extenderse en el merca-

do global de forma competitiva y que puede implementarse en entornos de Latinoamérica. Existen múltiples casos estudiados que así lo revelan, como el caso del Café Juan Valdez de Colombia que a través de su red de tiendas está llegando al cliente final con un servicio de valor agregado con lo que está en capacidad de llegar a toda la geografía mundial. De igual forma surgió y se ha estado desarrollando la cadena de restaurantes Crepes & Waffle. Esto refuerza que organizar una Red de Valor no lo define el tamaño de la empresa, sino desarrollar y administrar un modelo de conocimiento propio (incluye el registro y administración de la propiedad industrial e intelectual) que genere productos y servicios centrados en el consumidor con alto valor agregado e innovativos, y administrar esa Red de Valor basada en la tercerización de procesos no claves.

La competitividad se materializa a través de la gestión de la Red de Valor, la cual se define como resultado de la síntesis de los resultados de la investigación como un sistema de tareas de diseño, organización, planificación, ejecución y control para fomentar un modelo de conocimiento específico y distintivo capaz de impactar en la satisfacción creciente de los con-

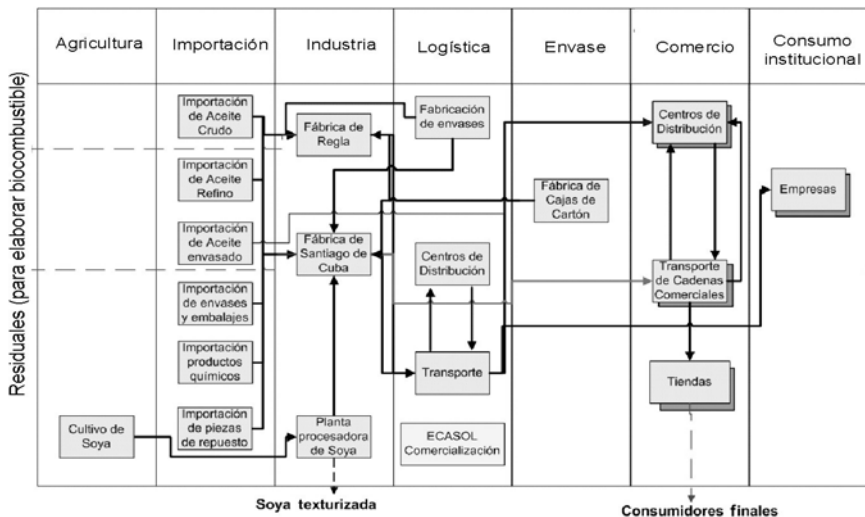


Figura 3. Cadena de suministro de aceite comestible.

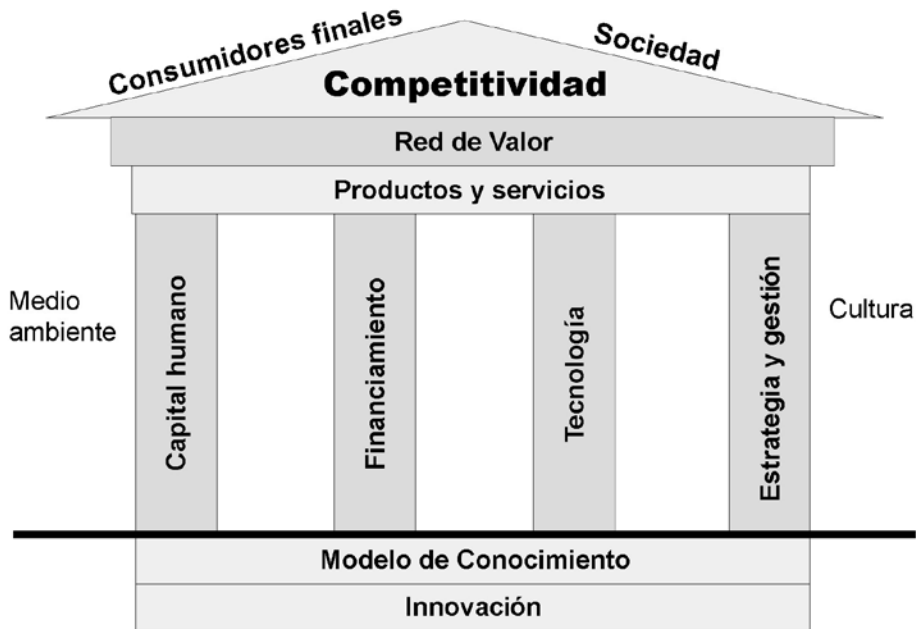


Figura 4. La Casa de la Competitividad.

sumidores a través de desplegarlo competitivamente hacia los mismos mediante un eficiente flujo de materiales, mercancías, servicios, información, conocimiento y dinero ejecutado por una red integrada de procesos de valor agregado que va desde el proveedor primario hasta el propio consumidor con un intercambio de energía, recursos e impactos favorables con el medio ambiente.

Con este resultado se amplía por primera vez el concepto de flujo logístico que hasta el momento los autores lo han concretado al intercambio de información, materiales y fondos entre los procesos de la cadena de suministro y con sus clientes. El concepto desarrollado de flujo logístico incluye adicionalmente (1) el conocimiento y (2) el intercambio de energía, recursos e impactos con el medio ambiente, lo cual puede hacerse de forma desfavorable (alto consumo energético, incremento de residuos, aumento de los impactos negativos, aumento de la huella ecológica, y otros) o de forma favo-

rable (mejoramiento ambiental). Esta ampliación del concepto de flujo logístico responde a la exigencia de buscar modelos de gestión de las cadenas de suministro enfocados al desarrollo sostenible.

#### **La modelación de la Red de Valor**

El modelo de Red de Valor obtenido se basa en dos elementos fundamentales: (1) una visión centrada en el flujo de materiales, información, dinero, impactos ambientales y residuos más que en los procesos que integran la red y que se conectan entre sí por medio del flujo que se genera entre ellos, y (2) un modelo de aseguramiento de cada uno de los procesos interconectados por los referidos flujos (Fig. 5), lo cual ha permitido estructurar un modelo matemático de balance de la Red de Valor que permite la toma coordinada de decisiones y es la base para la informatización avanzada de su gestión para lograr una planificación colaborativa.

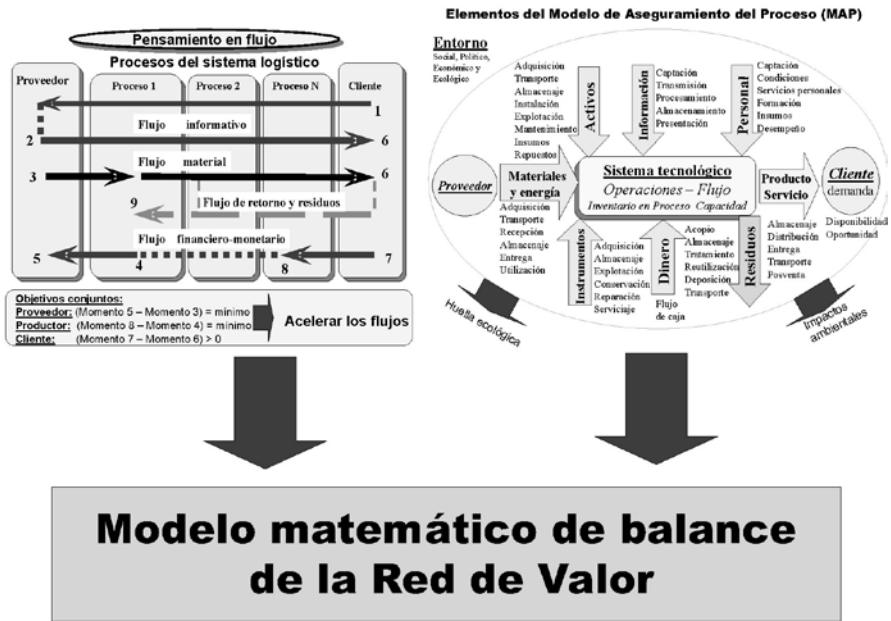


Figura 5. Modelación de la Red del Valor.

El sistema de ecuaciones que rige el balance dinámico que debe lograrse en la Red de Valor en cada momento  $t$  es el siguiente:

$$PA_{ij,t} = CL_{ij,t} + CG_{ij,t}, \text{ ciclo y lead time de cada proceso (1)}$$

$$P_{ij,t} = \sum_{i'=1}^n NC_{ij,t,i'} * P_{i',j,t} \text{ interrelaciones de los procesos (2)}$$

$$t1_{ij,t} = tc + PA_{ij,t} \text{ horizonte de cada proceso (3)}$$

$$P_{ij,t} = F_{ij,t} + V_{ij,t} * (W_{ij,t} * D_{i,t} + \sum_{j'=1}^m P_{ij',t}, t1_{ij',t}) \text{ nivel de actividad (4)}$$

$$PR_{ij,t} \leq CAP_{ij,t} \text{ balance puntual de capacidad (5)}$$

$$\sum_{t=t_0}^{tc} PR_{ij,t} \leq \sum_{t=t_0}^{tc} CAP_{ij,t} \text{ balance acumulado de capacidad (6)}$$

$$E_{ij,t} = E_{ij,t_0} + \sum_{t=t_0}^{tc} PR_{ij,t} - \sum_{t=t_0}^{tc} P_{ij,t} \text{ inventario de productos (7)}$$

$$\sum_{t=t_0}^{tc} PR_{ij,t} \geq \sum_{t=t_0}^{tc} P_{ij,t} \text{ balance de demanda (8)}$$

$$R_{k,j,t} = IF_{k,j,t} + ICK_{k,j,t} * \sum_{t=t_0}^{tc} PR_{ij,t} + \sum_{t=t_0}^{tc} RP_{k,j,t} - \sum_{t=t_0}^{tc} RR_{k,j,t} + IN_{k,j,t} - IR_{k,j,t} \text{ balance de recursos (9)}$$

$$RT_{k,t} = \sum_{j=1}^m R_{k,j,t} \text{ demanda total de recursos (10)}$$

$$IR_{k,j,t} = IR_{k,j,t_0} + \sum_{t=t_0}^{tc} RR_{k,j,t} - \sum_{t=t_0}^{tc} R_{k,j,t} \text{ inventario de recursos (11)}$$



$$B_{s,j,t} = \sum_{i=1}^n IE_{s,i,j} * PR_{i,j,t} + \sum_{i=1}^n PR_{i,j,t} * IC_{k,i,j} * IH_{s,k} \text{ impacto ambiental (12)}$$

$$Q_{ijt} = P_{ijt} - \sum_{i=0}^{tc-1} PR_{ijt} \geq QN_{ij} \text{ tamaño del lote de producción (13)}$$

$$R_{k,j,tc} \geq QR_{kj} \text{ tamaño del lote de recursos (14)}$$

$$C_{j',t} = CF_{j',t} + \sum_{k=1}^K pe_k * RR_{k,j',t} + \sum_{i=1}^n pc_i * \sum_{j=1}^m P_{i,j,j',t} \text{ costo del proceso (15)}$$

$$CT_t = \sum_{j=1}^m C_{jt} \text{ costo total del sistema (16)}$$

$$BE_{jt} = \left( \sum_{i=1}^n pc_i * P_{i,j,t} \right) - C_{jt} \text{ balance económico del proceso (17)}$$

$$BET_t = \sum_{j=1}^m BE_{jt} \text{ balance económico del sistema (18)}$$

$$RS_{k,t} = \sum_{j=1}^m PR_{i,j,t} * IC_{k,i,j} * (1 - IU_{k,i,j}) \text{ residuos de un recurso (19)}$$

$$VRt = \sum_{k=1}^K RS_{k,t} * pe_k \text{ valor de los residuos (20)}$$

donde,

$i$ , producto final o intermedio del sistema logístico ( $i = 1, 2, 3 \dots n$ )

$j$ , proceso del sistema logístico ( $j = 1, 2, 3 \dots m$ )

$j'$ , proceso como cliente interno del sistema logístico ( $j' = 1, 2, 3 \dots m$ )

$k$ , recurso o servicio insumido en los procesos del sistema logístico ( $k = 1, 2, 3 \dots K$ )

$s$ , impacto ambiental de los procesos del sistema logístico ( $s = 1, 2, 3 \dots S$ )

$t$ , intervalo de tiempo ( $t = 1, 2, 3 \dots T$ )

$CL_j$ , ciclo del proceso  $j$  (días)

$CG_{j,j'}$ , ciclo de gestión entre el proceso  $j$  y el proceso cliente directo del mismo  $j'$  (días)

$PA_{j,j'}$ , plazo de antelación (*lead time*) del proceso  $j$  con el proceso cliente del mismo  $j'$  (días)

$P_{i,j,j',t}$  volumen del producto  $i$  del proceso  $j$  entregado al proceso cliente directo  $j'$  en el intervalo  $t$  (unidades)

$P_{i,j,t}$  volumen total entregado del producto  $i$  por el proceso  $j$  en el intervalo  $t$

$NC_{ij i',j'}$  índice de consumo del producto  $i$  en el proceso  $j$  para obtener una unidad del producto  $i'$  en el proceso cliente directo  $j'$

$D_{i,t}$  demanda del producto  $i$  por los clientes del sistema logístico en el intervalo  $t$  (unidades)

$W_{i,j}$  parte de la demanda final del producto  $i$  que aporta el proceso  $j$  (0-1)

$F_{i,j,t}$  pérdidas del producto  $i$  en el proceso  $j$  en el

intervalo  $t$  (unidades)

$E_{i,j,t}$  inventario del producto  $i$  en el proceso  $j$  en el intervalo  $t$  (unidades)

$CAP_{i,j,t}$  capacidad de producción del proceso  $j$  para en el producto  $i$  en el intervalo  $t$  (unidades/día)

$tc$ , momento de control

$t_0$ , momento inicial del periodo analizado en el sistema logístico

$PR_{i,j,t}$  volumen real de producto  $i$  producido por el proceso  $j$  en el intervalo  $t$  (unidades)

$V_{i,j,t}$  coeficiente de satisfacción de la demanda del producto  $i$  por el proceso  $j$  en el momento  $t$

$IC_{k,i,j}$  índice de consumo del recurso  $k$  por unidad del producto  $i$  en el proceso  $j$

$IE_{s,i,j}$  índice de generación del impacto  $s$  por unidad de producto  $i$  en el proceso  $j$

$IH_{s,k}$  índice de generación del impacto  $s$  por la huella ecológica que genera el recurso  $k$

$R_{k,j,t}$  demanda de recursos  $k$  en el proceso  $j$  en el momento  $t$  (unidades)

$B_{s,j,t}$  magnitud del impacto ambiental  $s$  en el proceso  $j$  en el momento  $t$

$RT_{k,t}$  demanda total del recurso  $k$  en el sistema logístico en el momento  $t$  (unidades)

$RR_{k,j,t}$  volumen real de recursos  $k$  recibidos en el proceso  $j$  en el momento  $t$  (unidades)

$IR_{k,j,t}$  inventario del recurso  $k$  en el proceso  $j$  en el momento  $t$  (unidades)

$IN_{k,j}$ , norma de inventario del recurso  $k$  en el proceso  $j$  (unidades)  
 $RP_{k,j,t}$ , pérdida de recursos  $k$  en el proceso  $j$  en el momento  $t$  (unidades)  
 $Q_{ij,t}$ , tamaño del lote a lanzar del producto  $i$  en el proceso  $j$  en el momento  $t$  (unidades)  
 $QN_{ij}$ , norma del tamaño del lote del producto  $i$  en el proceso  $j$  (unidades)  
 $QR_{kj}$ , norma de tamaño de lote de adquisición del recurso  $k$  en el proceso  $j$  (unidades)  
 $IF_{kjt}$ , norma de consumo del recurso  $k$  en el proceso  $j$  en el intervalo  $t$  (unidades/día)  
 $pe_k$ , precio del recurso  $k$  (pesos/unidad)  
 $pc_i$ , precio del producto  $i$  (pesos/unidad)  
 $C_{jt}$ , costo del proceso  $j$  en el intervalo  $t$  (pesos)  
 $BE_{jt}$ , balance económico del proceso  $j$  en el intervalo  $t$  (pesos)  
 $BET_t$ , balance económico total del sistema logístico en el intervalo  $t$  (pesos)  
 $CT_t$ , costo total del sistema logístico en el intervalo  $t$  (pesos)  
 $CF_{jt}$ , costo fijo del proceso  $j$  en el intervalo  $t$  (pesos)  
 $IU_{k,i,j}$ , coeficiente de utilización del recurso  $k$  cuando se emplea en el producto  $i$  en el proceso  $j$   
 $RS_{k,t}$ , residuos totales del recurso  $k$  en el momento  $t$   
 $VR_t$ , valor total de los residuos en el momento  $t$

Los modelos de balance más recomendados en la literatura (ERP, MRP, línea de balance, entre otros) enfatizan en determinados procesos que no integran los aspectos medio ambientales y abarcan débilmente la generalidad de interrelaciones en la cadena de suministro. Un requisito para lograr integrar el enfoque de cadena de suministro con un enfoque de sostenibilidad requiere integrar las variables medio ambientales tal como plantea Urquiaga, aunque aún no le da solución a la modelación matemática requerida, solo se centra en el modelo conceptual dentro del modelo de balance dinámico (Urquiaga 1999).

En el modelo matemático propuesto en este trabajo, considera en forma integrada la coor-

dinación en el tiempo de los procesos, el aseguramiento de los recursos en cada uno de los procesos con la oportunidad requerida, las capacidades que deben disponerse en cada momento, el programa de producción o servicio de cada procesos en cada momento, los impactos ambientales de la red de procesos en sus tres direcciones fundamentales (hacia la fuente de origen natural de los recursos [huella ecológica], los residuos generados y los impactos hacia delante en la red de procesos), la satisfacción de las demandas de los clientes finales, y el balance económico del sistema. Esta consideración integral está demandando el desarrollo e implementación de una nueva metodología de hacer ingeniería, ya que la actual no la contempla.

El carácter dinámico del modelo viene dado porque el balance debe lograr, en cada momento, resultados cuantitativos y cualitativos cada vez mayores; lo cual a su vez solo es posible agregando valor a través de la innovación como fuente de aplicación y generación de nuevos conocimientos, papel determinante del modelo descriptivo que se propone.

### **Modelo de Referencia de la Red de Valor**

A partir de los resultados anteriores se llegó a la generalización consistente en el establecimiento de un Modelo de Referencia de Redes de Valor que establece las características y principios a alcanzar en cualquier cadena de suministro para transformarse al concepto de Red de Valor Competitiva.

Los principios de organización y gestión de las Redes de Valor que se lograron sintetizar del modelo alcanzado son los siguientes:

1. Los retos actuales a las empresas pueden enfrentarse sólo con Red de Valor integradas.
2. Integración basada en la cooperación
3. Entidad coordinadora de la Red de Valor
4. Conexión de las cadenas productivas con las comerciales y las de servicio

5. Perfeccionamiento en la coordinación de la red de procesos
6. Coordinación de planes anuales y operativos entre los procesos
7. Coordinación de capacidades e inversiones en la red
8. Coordinación de planes estratégicos en la red
9. Todos los procesos de la red tienen como objetivo las demandas finales
10. Coordinación de los flujos de carga en toda la red
11. Producir, importar y suministrar en cada momento lo que en cada momento se demanda
12. Todos gestionan a partir de un único pronóstico de la demanda final
13. Capacidad de reacción, eficiencia y calidad
14. Integración de las TIC entre los integrantes de la red
15. Integración en base al desarrollo empresarial
16. La innovación como base del desarrollo y motivo para la integración
17. Estrategia de desarrollo común
18. Enfocado en el desarrollo conjunto del servicio al cliente final
19. Formación y profesionalismo del personal
20. Compromiso con los indicadores de desempeño a nivel de toda la red
21. Desarrollo de productos y servicios a partir de conocimiento
22. Alto desempeño logístico
23. Contratos marcos conjuntos
24. Propuestas conjuntas a organismos externos
25. Integración de procesos productivos, servicios, logísticos, I+D+i, y comerciales

La organización y gestión de las Redes de Valor bajo estos principios debe adoptar un conjunto de 116 características (anexo 1) agrupadas en 15 elementos (Fig. 6), lo cual constituye el modelo descriptivo de la Red de Valor. El cumplimiento de cada característica es calificado entre un valor mínimo de uno (1) y un máximo de cinco (5), con lo cual es posible determinar el nivel de cumplimiento promedio de cada elemento y de la Red de Valor en general.

### Elementos del Modelo de Referencia de Redes de Valor

Configuración de la Red (11)	Desarrollo del Producto (5)	Desempeño de la Red (11)
Gestión de la Integración (12)	Desarrollo Gerencial (8)	Servicio al Cliente (9)
Planificación Colaborativa (6)	TIC (8)	Coordinación estratégica (6)
Gestión de Capacidades (5)	Gestión de pedidos (9)	Gestión de la innovación (8)
Gestión de la demanda (6)	Gestión de Inventarios (5)	Desarrollo del personal (7)

**Figura 6.** Contenido del Modelo de Referencia de Redes de Valor. El numero entre paréntesis indica la cantidad de características de cada elemento.

En la Fig. 7 se muestran los resultados obtenidos luego de la aplicación del Modelo de Referencia en la cadena de aceite comestible. Se destacó el crecimiento de las ventas gracias a la mejorar disponibilidad en los puntos de venta como resultado de una efectiva coordinación de acciones y del flujo logístico entre los distintos integrantes de la red. Además generó un proceso de innovación para convertir los residuales de la refinación en una producción de biodiesel, reduciendo la carga contaminante y generando ahorro de combustible y con ello reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, lo cual es cuantificado a través del modelo matemático obtenido.

El Modelo de Referencia obtenido ha sido aplicado en 77 cadenas en Cuba y Bolivia con vista a evaluar el nivel de cumplimiento de las características identificadas para las Redes de Valor que tiene cada una de las cadenas estudiadas, lo cual les permite definir sus debilidades y fortalezas y con ello establecer una estrategia de desarrollo para alcanzar la condición de Red de Valor competitiva. Para esta tarea se desarrolló una base de datos que permite que cada cadena de suministro al realizar su evaluación pueda realizar *benchmarking* con sus similares, con determinadas cadenas clasificadas o con la muestra total acumulada. Este resultado confirma la validez del Modelo de Red de Valor obtenido

para evaluar y trazar estrategias de desarrollo en las diferentes cadenas de suministro.

En la cadena de suministro de explosivos para trabajos en canteras y construcciones el Modelo de Referencia se utilizó no sólo para diagnosticar, sino para definir la estrategia de desarrollo de forma integral, incluyendo el alcance para su certificación ambiental (de significativo impacto) y el mejor reconocimiento en calidad. Como resultado de este desarrollo esta cadena ha sido catalogada de excelencia, llegando a alcanzar durante varios años el Premio al Exportador otorgado por la Cámara de Comercio de Cuba. La evaluación general del Modelo de Referencia de esta cadena ha sido de 3,73 puntos contra la media de las empresas de 2,87, o sea, un 30% superior con lo que revela la potencialidad del Modelo de Referencia para trazar estrategias de desarrollo.

Al realizar una evaluación del modelo propuesto en una muestra de empresas de avanzada a las que se aplica el modelo de Perfeccionamiento

Empresarial (estas empresas constituyen el 37% del total de empresas del país), se ha podido constatar estadísticamente que las mismas presentan un cumplimiento medio del Modelo de Red de Valor que es significativamente superior al resto de las empresas del país (Acevedo *et al.* 2010). Para que una empresa sea considerada en Perfeccionamiento Empresarial debe someterse a un sistema de evaluación riguroso que demuestre un alto desempeño integral en cuanto a su actividad empresarial y eficiencia. Estos resultados permiten corroborar la validez del Modelo de Red de Valor.

### Discusión y conclusiones

En la literatura es frecuente ver soluciones a partir de modelos matemáticos o a partir de modelos semánticos (Tabla 1) que enfatizan en determinadas prácticas o principios que deben observarse en la gestión pero muchas veces no integran ambos tipos de modelos. En este sentido el Modelo de Red de Valor resulta novedoso

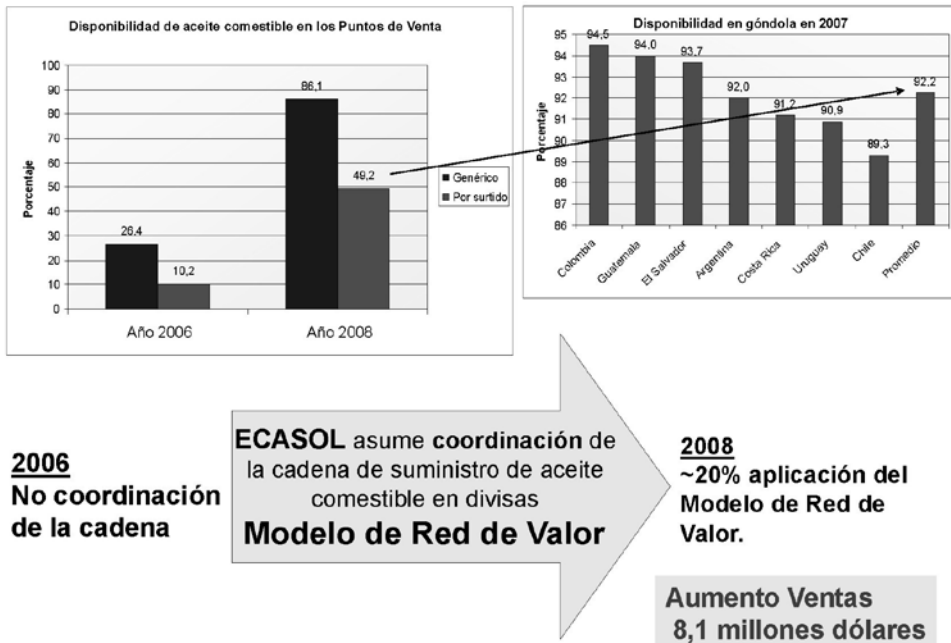


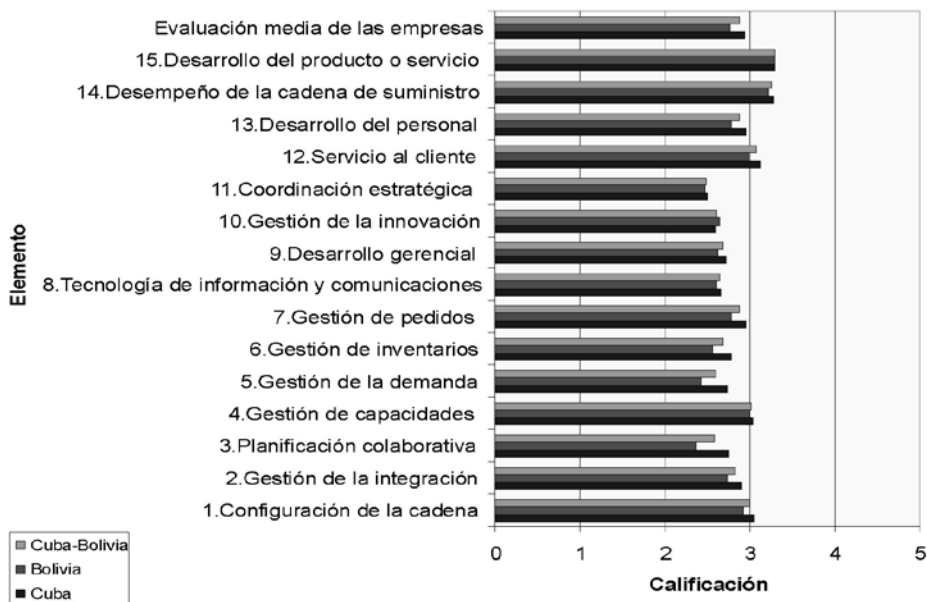
Figura 7. Resultados de la aplicación del Modelo de Referencia en la cadena de aceite comestible.

so al estar conformado por la integración de un modelo matemático y un modelo descriptivo. El modelo descriptivo permite identificar los elementos organizativos de la red de valor y el modelo matemático las proporciones cuantitativas que deben garantizarse, en cada momento de la red. Por ejemplo, si se produce una variación en la demanda final del producto o servicio de la Red de Valor, ¿cuál debe ser la demanda con la que se debe trabajar en cada eslabón de la Red?, la respuesta solo es posible obtenerla a partir del balance dinámico de la red, lo cual se logra con el apoyo del modelo matemático.

El Modelo de Referencia de Red de Valor obtenido y los resultados logrados en su aplicación experimental ha permitido validar el mismo y su aplicación en un grupo de cadenas de suministro en Cuba y Bolivia para evaluar su estado actual y las principales direcciones a adoptar para su desarrollo, y confirmar la validez de dicho modelo para entornos nacionales similares.

La ingeniería y la gestión actual, enfatizan básicamente en ajustarse eficientemente al ciclo

de vida comercial de los productos, tal como lo conceptualiza Simchi-Levi *et al.* (2008) al expresar el concepto de cadena de suministro como “la integración de suministradores, almacenes, fabricantes, y vendedores para distribuir las cantidades correctas, en el lugar correcto y en el momento correcto para minimizar costos y satisfacer los requerimientos de nivel de servicio”. Hoy sin embargo se requiere pasar a un enfoque de gestión centrado en el ciclo de vida físico del producto (“de la cuna a la tumba”). Sin embargo, aún está por desarrollar la concepción de los productos y servicios centrándose tanto en la necesidad de los consumidores como en el ciclo de vida de los recursos, lo que será quizás el paradigma que generará un desarrollo verdaderamente sostenible. El primer aspecto sin considerar el segundo es lo planteado por la generalidad de autores sobre gestión integrada de cadenas de suministro (Pladeck 2005, Simchi-Levi *et al.* 2008, Chopra & Meindl 2010). En el segundo aspecto, sin integrarlo al primero, existen estudios sobre la huella ecológica de los productos a partir del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) definido por



**Figura 8.** Nivel de cumplimiento del Modelo de Referencia en la muestra de 77 cadenas seleccionadas en Cuba y Bolivia.

la Organización Internacional de Normalización (ISO 1997) con las normas de la serie ISO 14040. Incluso, en ninguno de los dos enfoques se enfatiza que el desarrollo del conocimiento sea la base para la debida solución de esta integración, tal como lo revela Forzi en el estudio de una muestra de redes de empresas europeas (Forzi 2005a).

El sistema de ecuaciones del modelo matemático de balance de la Red de Valor manifiesta la complejidad de la gestión de la misma, lo cual exige el desarrollo y uso de sistemas informatizados y de comunicaciones basados en la planificación y control colaborativos entre todos los procesos de la red para la ejecución de la coordinación y gestión. En este sentido, Pérez-Trejo (2006) reconoce que las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) aún están por explotarse en todo su potencial para mejorar el diálogo entre todos los actores de la cadena agroalimentaria, así como también plantea que el conocimiento como un recurso que debe hacerse llegar con precisión a cada uno de los actores como se hace con otros recursos partiendo de la base que la solución alimentaria se apoya básicamente en el conocimiento. La necesidad de la utilización de las TIC se refuerza en el modelo descriptivo donde se reconocen a las mismas como un elemento del modelo (Fig. 6). Las principales prácticas a desarrollar en este campo están dirigidas a lograr:

- Conectividad entre los sistemas de información de los procesos de la cadena de suministro
- Compartir amplia y sistemáticamente información entre los procesos de la cadena
- La existencia de bases de datos comunes con acceso por parte de todos los procesos que integran la cadena
- Amplio uso de la tecnología de código de barra en los procesos de la cadena de suministro
- Utilización de tecnologías de comunicación que permiten la coordinación operativa y eficiente entre todos los integrantes

- Planes estratégicos y de mejora en el desarrollo integrado de las tecnologías de información y comunicaciones
- Amplio uso de correo electrónico e intercambio mediante Web
- Aplicación de tecnologías de comercio electrónico para el intercambio con los consumidores finales y entre los procesos de la cadena.

La ampliación del concepto de flujo logístico incluyendo tanto el conocimiento como las relaciones con el medio ambiente es necesario para asegurar un desarrollo sostenible, siguiendo el criterio de Pereira *et al.* (2006).

El Modelo desarrollado permite transitar del concepto de gestión integrada de la cadena de suministro al de Gestión de la Red de Valor desarrollado en esta investigación.

Las principales conclusiones alcanzadas son las siguientes:

- El Modelo de Red de Valor constituye una guía de referencia para introducir la gestión integrada de las cadenas de suministro en un escalón superior, potenciando el uso del conocimiento y la integración de los factores medio ambientales, lo cual constituye una exigencia para mejorar la eficiencia y competitividad de las empresas en alineación con el desarrollo sostenible
- El desarrollo de la gestión de las Redes de Valor constituye un esfuerzo a mediano y largo plazo, y requiere que las empresas diseñen su propia estrategia al estructurar en varias de sus etapas para consolidar la organización e integración interna hasta alcanzar la organización de la red de valor y la introducción de enfoques y técnicas que permita su gestión integrada y eficiente
- Cualquier esfuerzo centralizado de integración regional o global resultará efectivo si se logra una adecuada organización de las Redes de Valor, pudiéndose incluso afirmar que es una de las condiciones necesarias para que

estas políticas den buenos resultados

- El éxito del desarrollo de la gestión de las Redes de Valor debe estar apoyado en un proceso de fomento de la preparación del personal, el desarrollo de la cultura empresarial y en el liderazgo de la alta dirección de la empresa en tal empeño
- El fomento del concepto de Red de Valor exige el desarrollo de herramientas soportadas en las TIC para apoyar su gestión integrada, así como abre caminos para generar nuevos modelos de organización de las estructuras empresariales, pasando a un enfoque de gestión de flujos más allá de la gestión basada en procesos

### Recomendaciones

Los resultados obtenidos indican un campo de investigación relacionado con el logro de la debida integración de los enfoques actuales de gestión de las cadenas de suministro, la gestión ambiental y la gestión del conocimiento que requieren concretarse en diversas líneas de investigación, entre las que se recomiendan las siguientes:

- Desarrollar modelos sostenidos en el nivel actual de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) que permitan pasar de la gestión de inventarios en puntos de la cadena de suministro a la gestión del flujo material en toda la red logística
- Experimentar con la gestión integrada de las Redes de Valor dirigida al diseño del producto y su tecnología para generar flujos eficientes hacia los consumidores conjuntamente con la menor huella ecológica posible a través del uso integral de los recursos naturales que son punto de partida de la Red de Valor
- Desarrollar nuevos enfoques económicos donde no sólo se pondere el costo económico, sino también el costo ecológico, conceptos que actualmente se manifiestan contrapuestamente en el mercado
- Se requieren nuevos enfoques en la forma-

ción para poder abordar el concepto de Red de Valor que va más allá de las fronteras establecidas actualmente en la enseñanza de las profesiones

- Desarrollar el concepto de logística del conocimiento como soporte de la gestión de las Redes de Valor con miras a asegurar la base de conocimientos que requiere cada actor de la red en el momento de su actuación o toma de decisiones

### Agradecimientos

El desarrollo de esta investigación ha sido posible por la colaboración y apoyo directo de un conjunto de instituciones. Entre ellas se encuentran:

- Facultades de Ingeniería Industrial y de Ingeniería Informática del Instituto Superior Politécnico “José A. Echeverría” (CUJAE), La Habana, Cuba
- Grupo Ejecutivo de Perfeccionamiento Empresarial, Cuba
- Facultad de Economía Empresarial de la Universidad Técnica de Dresde, Alemania
- Instituto de Proyectos Ecológicos Urbanos y Agrarios (IASP) adjunto a la Universidad Humboldt de Berlín, Alemania
- Centro Europeo Latinoamericano de Logística y Proyectos Ecológicos (CELALE), Alemania
- Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia
- Facultad de Agronomía de la Universidad Politécnica de Madrid, España
- Centro Internacional de Asistencia Técnica e Investigaciones (CIATI), Colombia
- Facultad de Economía de la Universidad de La Habana, Cuba

### Literatura citada

Acevedo S., J.A., M.I. Gómez A., T. López J. & E. Martínez P. 2010. Caracterización de la logística y las redes de valor en empresas cubanas en Perfeccionamiento Empresarial. Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, La Habana.

- Baugarten, H. & J. Thoms. 2002. Trends und strategien in der logistik – supply chains im Wandel. Universidad Técnica de Berlín, Alemania.
- Briz, J. 2003. Internet, trazabilidad y seguridad alimentaria. Ediciones MundiPrensa, Madrid. p. 42.
- Chopra, S. & S. Meindl. 2010. Supply chain management. Ediciones Pearson, New Jersey. p. 20.
- Forzi, T. 2005a. Machbarketsstudien im E-Business. En: Unternehmen der Zukunft. Aachen, Alemania. No. 3. p. 21.
- Forzi, T. 2005b. Netzwerkmanagement und Wissen. En: Unternehmen der Zukunft, No. 3. pp. 14-17.
- Hurwicz, L. & S. Reiter. 2006. Designing economic mechanisms. Edition Cambridge, New York.
- ISO 14040. 2000. Gestión ambiental. Evaluación del ciclo de vida. Principios y marco. ISO/FDIS/TC207SC514040/1997(E).
- Menges, R. & P. Schmitt. 2005. Die digitale fabrik: der zentrale bestandteil einer PLM strategie. En: Zeitschrift fur wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZwF) 100. Hanser, München. pp. 10-19.
- Pereira, D., J. Oñate & J. Rodríguez. 2006. La evaluación ambiental estratégica en la lucha contra el hambre y la pobreza. En: Trueba, I. (Ed.). El fin del hambre en 2025. Ediciones MundiPrensa, Madrid. pp. 865-885.
- Pérez-Trejo, F. 2006. Combatir el hambre con información. En: Trueba, I. (Ed.). El fin del hambre en 2025. Ediciones Mundi Prensa, Madrid. pp. 755-776.
- Pladeck, M. 2005. Implementierung von logistiksystemen, Edition Dr. Kovac, Hamburgo. pp. 112-113.
- Scherle, T. & T. Rhensius. 2005. Katalogsysteme im materialgruppenmanagement. Unternehmen der zukunft, 3: 18-19.
- Simchi-Levi, D., P. Kaminsky & E. Simchi-Levi. 2008. Designing and managing the supply chain: concepts, strategies and case studies. Ediciones McGraw Hill, New York. pp. 1-25.
- Sin autor. Transparenz in der pipeline. Estudio de Caso. En: Logistik Heute, Alemania. 2005. Alemania, No. 10., pp. 12-15.
- Straube, F. & H.C. Pfohl. 2008. Trends and Strategies in Logistics - Global networks in an era of change. DVV Media Group; Dt. Verkehrs-Verl., Hamburg. pp. 62-81.
- Trueba, I. 2006. El hambre. En: Trueba, I. (Ed.). El fin del hambre en 2025. Ediciones MundiPrensa, Madrid. pp. 31-174.
- Urquiaga R., A.J. 1999. Desarrollo del modelo general de organización para el análisis y diseño de los sistemas logísticos. Tesis para optar por el grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. La Habana, Cuba. Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría.” pp. 54-66.
- Zorrilla T., E. 2002. Los sistemas integrados de gestión: ISO 9000 e ISO 14000. En: Semana Internacional de Productividad, Calidad y Medio Ambiente. Ediciones Fondo de Desarrollo, Perú. pp. 83-90.

Recibido: 19 de agosto de 2010

Aceptado: 12 de diciembre de 2010



## Anexo 1. Características del Modelo de Referencia de la Red de Valor.

### Configuración de la cadena

- Está identificada y se coordina la red de procesos claves que aseguren la obtención competitiva de los productos y/o servicios finales seleccionados
- Existe un órgano central o entidad líder (empresa o entidad focal) que ejerce la gestión de los elementos que aseguran el funcionamiento integrado y competitivo de la cadena de suministro
- Esta entidad focal asume al menos la administración del modelo de conocimiento, la gestión de la innovación y la administración y/o monitoreo de la cadena de suministro hasta el cliente final
- Existe una participación colaborativa de todos los procesos de la cadena de suministro en esa entidad focal
- Existe una alta especialización de los ejecutores de los procesos de la cadena
- Existe una alta flexibilidad en la conformación de la cadena de suministro
- Se aseguran indicadores de desempeño de cara al consumidor final competitivos, tales como nivel de servicio, calidad, costos, disponibilidad de productos, y otros
- En la cadena de suministro se integra el tratamiento a los residuos, envases y productos desechados por el cliente para generar valor agregado y un impacto positivo en el medio ambiente
- En la cadena de suministro están integrados procesos de innovación
- Se mantienen alianzas con operadores logísticos que tienen alcance en los mercados objetivo de la cadena de suministro
- Se aplica alguna estrategia o modelo de extensión de la cadena de suministro

### Gestión de capacidades

- Todos los procesos de la cadena de suministro aseguran las capacidades de producción y/o servicio que requiere el adecuado suministro a los consumidores finales

- Existe una coordinación a corto plazo del aseguramiento de las capacidades en todos los procesos de la cadena de suministro en función de los planes de ventas a los consumidores finales
- Existe una coordinación de las estrategias de desarrollo de las capacidades en todos los procesos de la cadena de suministro de acuerdo a los pronósticos de demanda de los consumidores finales
- Las capacidades de todos los procesos de la cadena de suministro aseguran los niveles de calidad exigidos por el consumidor final
- Las tecnologías existentes en todos los procesos de la cadena de suministro aseguran costos competitivos de toda la cadena

### Gestión de la integración

- Los procesos que integran la cadena de suministro tienen un alto nivel de integración interna
- Los servicios y productos que brinda la cadena de suministro a los consumidores finales tienen un alto nivel de integración acercándose al concepto de satisfacción total de las necesidades del consumidor "llave en mano"
- Se mantiene un contacto sistemático con los consumidores finales, recogiendo sus inquietudes y necesidades como detonante del desarrollo del producto o servicio
- Los procesos claves para la cadena de suministro están organizados y gestionados de forma conjunta y común entre las partes, traspasando las fronteras de las empresas e instituciones integrantes de la cadena
- La cadena de suministro está extendida estratégicamente en distintos territorios asegurando integrar procesos competitivos y un acceso competitivo a los mercados objetivo
- Existe alta compatibilidad tecnológica entre los procesos de la cadena de suministro y los desarrollos tecnológicos se coordinan adecuadamente

- Los procesos de la cadena de suministro utilizan en forma integrada e integral, los recursos claves de la cadena de suministro. Se gestionan en todo su ciclo
- En la cadena de suministro y en sus procesos existe la adecuada integración multidisciplinaria para asegurar el desarrollo y la aplicación integral de su modelo de conocimiento
- En la cadena de suministro están integradas todas las instituciones que aseguran la colaboración para el desarrollo, funcionamiento y gestión de la cadena en forma integral y competitiva, incluyendo centros de investigación, universidades, operadores logísticos, centros de entrenamiento, empresas y otras. Esta integración está debidamente formalizada mediante contratos, acuerdos o convenios
- Existen acciones de intercambio sistemático del personal de los procesos de la cadena de suministro para enfrentar la solución de problemas y el intercambio de experiencias.
- La formación del personal asegura la debida complementación en la cadena de suministro que permite la integral aplicación del modelo de la cadena
- Existen estrategias y acciones para lograr la debida integración funcional como vía de acelerar los procesos y mejorar el valor agregado, combatiendo la fragmentación funcional

### **Planificación colaborativa**

- Todos los procesos de la cadena de suministro conforman sus planes, apoyados en un intercambio regular de información entre ellos
- Existe una base de datos central con acceso para todos los procesos de la cadena de suministro que mantiene actualizados los datos que determinan la integración de la cadena
- Todos los procesos de la cadena de suministro coordinan con los demás procesos los cambios de sus planes
- Se coordinan entre todos los procesos de la cadena de suministro las inversiones

- Se planifican desarrollos e inversiones de interés y de uso común por los procesos de la cadena de suministro
- Todos los procesos de la cadena de suministro acceden directamente a los planes establecidos por los demás procesos

### **Gestión de la demanda**

- Se realizan pronósticos de la demanda de los consumidores finales en un horizonte superior al ciclo logístico total de toda la cadena de suministro (tiempo que transcurre desde el proceso del proveedor inicial de la cadena hasta la entrega al consumidor final)
- Los pronósticos de demanda se realizan utilizando métodos y técnicas fundamentados
- Los pronósticos de demanda final se actualizan sistemáticamente
- Todos los procesos de la cadena de suministro acceden a los pronósticos de demanda final y sus actualizaciones
- Todos los procesos de la cadena de suministro conforman su demanda a partir del pronóstico de demanda final
- Todos los procesos de la cadena de suministro conforman sus planes sobre la base de la demanda final

### **Gestión de inventarios**

- Se decide de común acuerdo entre los procesos de la cadena de suministro sobre la localización estratégica de los inventarios en la cadena, así como sobre la magnitud de los mismos
- Todos los procesos de la cadena de suministro acceden a la información de inventarios de los demás procesos
- Al tomarse decisiones de producción y/o compra se consideran integralmente los inventarios en toda la cadena de suministro
- Los inventarios existentes en la cadena de suministro aseguran niveles competitivos de rotación y alto nivel de servicio al consumidor final
- Existen estrategias comunes para acelerar la rotación de los inventarios y reducir los inventarios ociosos

### **Gestión de pedidos**

- Existen una clara documentación estableciendo los procedimientos de gestión de los pedidos de los consumidores finales
- Existe un alto porcentaje (más de 90%) de pedidos de consumidores finales cumplimentados de forma perfecta (entrega en tiempo, cantidades completas, con los surtidos completos, sin afectaciones de calidad, a los precios convenidos, se entrega en el lugar pactado y sin errores de facturación)
- El cumplimiento de los procedimientos de gestión de los pedidos de los consumidores finales es auditado sistemáticamente
- Los consumidores finales tienen acceso permanente al estado de sus pedidos
- Existen una clara documentación estableciendo los procedimientos de gestión de los pedidos entre los procesos de la cadena de suministro
- Existe un alto porcentaje de pedidos entre los procesos que se cumplen de forma perfecta
- Todos los procesos de la cadena de suministro tienen acceso permanente a la información sobre el estado de los pedidos formulados a otros procesos
- Los procedimientos de gestión de pedidos se sostienen en técnicas de gestión avanzadas
- Los procedimientos de gestión de pedidos están altamente sistematizados

### **Tecnología de información y comunicaciones**

- Existe conectividad entre los sistemas de información de los procesos de la cadena de suministro
- Se comparte amplia y sistemáticamente información entre los procesos de la cadena de suministro
- Existen bases comunes de datos en la cadena de suministro con acceso por parte de todos los procesos que la integran
- Existe amplio uso de la tecnología de código de barra en los procesos de la cadena de suministro
- En la cadena de suministro se utilizan tecnologías de comunicación que permiten la

coordinación operativa eficiente entre todos los integrantes

- En los planes estratégicos y de mejora se contempla el desarrollo integrado de las tecnologías de información y comunicaciones
- Existe amplio uso de correo electrónico e intercambio mediante Web
- Se aplican tecnologías de comercio electrónico para el intercambio con los consumidores finales y entre los procesos de la cadena de suministro

### **Desarrollo gerencial**

- Los procesos que integran la cadena de suministro tienen un nivel alto en su logística (ver encuesta del cumplimiento del Modelo de Referencia de la Logística)
- Los procesos que integran la cadena de suministro tienen un alto nivel de implementación de los preceptos de la filosofía gerencial moderna (ver encuesta de la Filosofía Gerencial)
- Los procesos que integran la cadena de suministro tienen incluido en sus planes estratégicos y de mejora, acciones para el desarrollo de su logística y la filosofía gerencial
- Existe un sistemático proceso de formación e incentivación del personal dirigido a fomentar la cultura organizacional y desarrollar plenamente la filosofía gerencial
- Los procesos que integran la cadena de suministro se caracterizan por un elevado nivel competitivo y con una alta dinámica de desarrollo
- A nivel de cadena de suministro existe un sistema de gestión que asegura una eficiente integración y altos resultados de desempeño
- Existe un sistema de indicadores que caracteriza el desempeño de la cadena de suministro y estos se mantienen bajo sistemático monitoreo y análisis, por todos los integrantes de la misma
- Existe un acceso e intercambio eficiente de la información clave entre los integrantes de la cadena de suministro

### **Gestión de la innovación**

- En la cadena de suministro están integrados procesos que desarrollan la innovación de la misma
- La innovación tiene un carácter integral, abarcando el producto o servicio final, los componentes del producto, la gestión de la cadena de suministro y de los procesos, la tecnología de los procesos, la tecnología de información y comunicaciones y la formación del personal.
- Existen resultados sistemáticos de la innovación y éstos son aplicados con efectividad en la cadena de suministro
- La dinámica de la innovación permite mantener a la cadena de suministro en un lugar competitivo en el mercado actual y en la expansión
- La cadena de suministro mantiene un modelo de conocimiento distintivo y es desarrollado sistemáticamente por el proceso de innovación
- La cadena de suministro tiene bien identificado cuál es su Modelo de Conocimiento y gestiona su registro, protección, desarrollo y empleo como base para su actividad en el mercado
- En el proceso de innovación están integrados todos los integrantes de la cadena de suministro
- El proceso de innovación aporta anualmente resultados tangibles sobre el desarrollo de productos, tecnologías, técnicas de gestión y acciones de mercado

### **Coordinación estratégica**

- La cadena de suministro tiene elaborado su plan estratégico para guiar su desarrollo y compartirlo por todos los procesos de la cadena
- Todos los procesos de la cadena de suministro tienen compatibilidad con su plan estratégico y con el de la cadena
- Los planes estratégicos de la cadena de suministro son actualizados sistemáticamente
- Como parte de la instrumentación de los planes estratégicos se aplica un procedi-

miento fundamentado en el diseño y rediseño del sistema logístico de la cadena de suministro como parte de la gestión estratégica

- Los planes estratégicos de la cadena de suministro abarcan todos los elementos de la gestión de las cadenas de suministro
- La cadena de suministro tiene debidamente formalizado su modelo de conocimiento mediante documentos, normas y registros legales, los cuales se actualizan sistemáticamente con los resultados de la innovación

### **Servicio al cliente**

- Están debidamente identificados y diferenciados los distintos segmentos de clientes
- Para cada segmento de clientes se dispone de un diseño personalizado de servicio al cliente
- Se analiza sistemáticamente el nivel de satisfacción de los clientes finales
- Sistemáticamente se introducen nuevas modificaciones al servicio al cliente para agregarle más valor al consumidor final
- La disponibilidad del producto o servicio para el consumidor final es alta (más de 95%) y es estable
- Todos los procesos de la cadena de suministro acceden a la información sobre el servicio al cliente final
- Todos los procesos de la cadena de suministro tienen e implementan planes de mejora con impacto al servicio ofrecido del consumidor final
- Existe un control adecuado de las quejas y sugerencias de los consumidores y son una de las bases fundamentales de los planes de mejora
- Está implementado un sistema CRM (*Client Relations Management*)

### **Desarrollo del personal**

- El personal de los procesos de la cadena de suministro tienen un adecuado diseño de sus puestos de trabajo
- La formación del personal de los procesos

de la cadena corresponde con el diseño de los puestos

- El personal de los procesos de la cadena de suministro recibe sistemáticamente la actualización de su formación
- Los resultados de la innovación obtenidos se traducen en programas de formación para el personal de los procesos de la cadena
- Existe y se aplica un sistema de certificación del personal que trabaja en los procesos claves de la cadena
- La fluctuación del personal de los procesos de la cadena es baja (menos de 5%)
- El personal de los procesos de la cadena de suministro participa activamente en las acciones de innovación

#### **Desempeño de la cadena de suministro**

- Los productos o servicios finales de la cadena de suministro tienen una alta disponibilidad para su adquisición por los consumidores finales
- Los consumidores reconocen una alta calidad en los productos y servicios finales de la cadena de suministro
- Los consumidores reconocen un precio aceptable en los productos y servicios finales de la cadena de suministro
- Las ventas de los productos y servicios finales de la cadena de suministro son crecientes sistemáticamente
- La cuota de mercado de los productos y ser-

vicios de la cadena de suministro tiene un alto porcentaje (más de 20%)

- La cuota de mercado de los productos y servicios de la cadena de suministro es creciente
- Existe un sistemático lanzamiento al mercado de nuevas versiones de los productos y servicios finales de la cadena
- La rotación de los inventarios en toda la cadena de suministro es alta y creciente
- No existen deudas vencidas entre los integrantes de la cadena de suministro
- Las utilidades de los integrantes de la cadena de suministro es alta y creciente
- El ciclo logístico total de la cadena de suministro se reduce sistemáticamente y asegura una elevada capacidad de reacción

#### **Desarrollo del producto o servicio**

- Los productos y servicios finales mantienen una imagen reconocida en el mercado
- Los productos y servicios finales están respaldados por un registro actualizado de marcas y patentes
- Existe en la cadena de suministro una adecuada capacidad especializada en el desarrollo de nuevos productos y servicios
- Todos los años existen nuevos productos lanzados al mercado y nuevas versiones de los productos y servicios existentes
- Se realizan investigaciones aplicadas asociadas al desarrollo de nuevos productos integradas en la cadena de suministro