

MODELO DE GESTIÓN LOGÍSTICA COLABORATIVA PARA INTEGRACIÓN DE CADENAS DE SUMINISTROS EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS: ESTUDIO DE CASOS EN BOGOTÁ

Martha Ruth Mendoza Torres

Ingeniero Industrial, Magíster en Ingeniería Industrial. Docente investigador Ingeniería Industrial, Universidad Autónoma de Colombia. Directora grupo de investigación GIGLO. E-mail:martha.mendoza@fuac.edu.co

Eduardo Ocampo Ferrer

Administrador de Empresas, candidato a MBA. Docente investigador Ingeniería Industrial Universidad Autónoma de Colombia. E-mail: eduardo.ocampo@fuac.edu.co

Recibido: 12-04-2010, aceptado: 05-06-2010, versión final: 05-06-2010¹

RESUMEN

El propósito de este artículo es presentar los resultados obtenidos en la investigación "Modelo de gestión logística colaborativa para integración de cadenas de suministro pymes: estudio de casos en Bogotá" la cual identificó falencias concretas en la sincronización de los flujos logísticos al interior de las organizaciones, y lleva a proponer un modelo de logística colaborativa interna, que articule estos flujos para que respondan efectivamente a los requerimientos del mercado.

Palabras clave: *logística colaborativa, flujos logísticos, sincronización de flujos logísticos.*

ABSTRACT

The purpose of this article is to present findings of the research "Collaborative Logistics Model for Supply Chain Small Business Integration: Cases study in Bogotá", where it identifies a lack of synchronization between inner logistics flows in manufacturing small business. For viability of organizations, it requires a management synchronization model for inner logistics, which articulate logistics flows and gives an effective response to market requirements.

Key words: *logistics, collaborative logistics, logistics flows, synchronization logistics flows.*

¹ Este artículo corresponde a la presentación de resultados de investigación terminada, correspondiente al proyecto I03-10 "MODELO DE GESTIÓN LOGÍSTICA COLABORATIVA PARA INTEGRACIÓN DE CADENAS DE SUMINISTRO PYMES: ESTUDIO DE CASOS EN BOGOTÁ" patrocinado por la Universidad Autónoma de Colombia, a través del Sistema Universitario de Investigación SUI, y correspondiente a la Línea de Investigación en Logística, Grupo de Investigación en Gestión Logística GIGLO, perteneciente al programa de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería.

1. INTRODUCCIÓN

La logística disciplina responsable de la gestión de flujos de materiales e información en la cadena de suministros (Mendoza & Velázquez, 2003), abarca desde el nivel táctico, hasta el nivel estratégico de la organización (Carranza, 2004, 211-212), ocupando un rol preponderante en el mejoramiento de la capacidad de respuesta de los procesos, gracias a que la visibilidad y trazabilidad de los flujos de materiales e información, permite actuar de inmediato para corregir desviaciones y atender contingencias que puedan trancar los mismos. En la actualidad, a la calidad del producto/servicio se añade la exigencia de un óptimo tiempo de respuesta frente a los requerimientos del mercado lo que lleva de la *administración funcional*, a la *administración por procesos*, para obtener visibilidad completa sobre el flujo de cada proceso operativo o administrativo y sobre la dinámica de interacción y enlace entre estos, permitiendo simultáneamente la visibilidad y trazabilidad sobre los *flujos logísticos*, materiales e información, quienes se desplazan a través de todas las áreas funcionales de manera transversal.

Además de visibilidad y trazabilidad, es necesaria la integración de las operaciones mediante una adecuada sincronización y seguimiento de los flujos logísticos y los procesos que los soportan, iniciando con el aprovisionamiento de materias primas o mercancías para la venta, según la naturaleza del negocio, y terminando con la entrega de productos/servicios a clientes finales (Cohen & Roussel, 2005), resultado de la logística colaborativa (Pope, 2006) interna.

Pero el problema que enfrentan las pequeñas y medianas empresas es la desarticulación de esos flujos logísticos entre las áreas funcionales, afectando su capacidad de respuesta ante las demandas del mercado, por lo que es urgente el logro de una logística colaborativa interna que responda a la demanda externa.

Por lo mismo el propósito de este artículo es presentar los resultados obtenidos en la investigación "Modelo de gestión logística colaborativa para integración de cadenas de suminis-

tro pymes: estudio de casos en Bogotá" cuyo objetivo es proponer un modelo que brinde las pautas necesarias para sincronizar los flujos logísticos buscando el logro de la logística colaborativa interna en las pequeñas y medianas empresas. En la primera parte se hace una breve descripción de las bases teóricas sobre las que se apoyó la investigación. En segundo término, se presenta la metodología utilizada en la ejecución del proyecto. En la tercera parte se presentan los resultados del diagnóstico sobre la problemática estudiada. En la siguiente sección se presenta el modelo, y por último se presentan las conclusiones, que dejan abierta la posibilidad de continuar profundizando en la temática de investigación.

2. LOGÍSTICA COLABORATIVA

Según Langley Jr., Logística Colaborativa es "el proceso por el cual las estrategias y decisiones logísticas son desarrolladas a través de la colaboración entre y con los usuarios y proveedores de los servicios logísticos" (Georgia Tech, 2006) y de la cual el *flujo de la información, es el corazón* (Cohen & Roussel, 2005, 201). Por otra parte, Bagchi plantea que las capacidades de la organización para garantizar el éxito de la colaboración, son (Bagchi, 2003, 6-8): la *capacidad colaborativa*, traducida en cultura de colaboración entre áreas y procesos para monitorear y administrar esfuerzos colaborativos; *capacidad de absorción* que es la habilidad para reconocer nuevo conocimiento y aplicarlo, tener un ambiente que promueva el desarrollo de nuevas ideas que mejoren el desempeño, uso de nueva tecnología para desarrollar productos innovadores y aprovechamiento del conocimiento de los socios de negocios para mejorar la colaboración; y *capacidad de atención de problemas específicos*, consistente en habilidades y recursos para resolver estos.

Una colaboración interna robusta es garantía de acciones, objetivos y estrategias armónicas base para la sincronización de los flujos logísticos. Por esto Cohen y Roussel recomiendan *dominar la colaboración interna* para eliminar quiebres en los flujos de materiales y de información al interior de la organización (Cohen & Roussel, 2005,

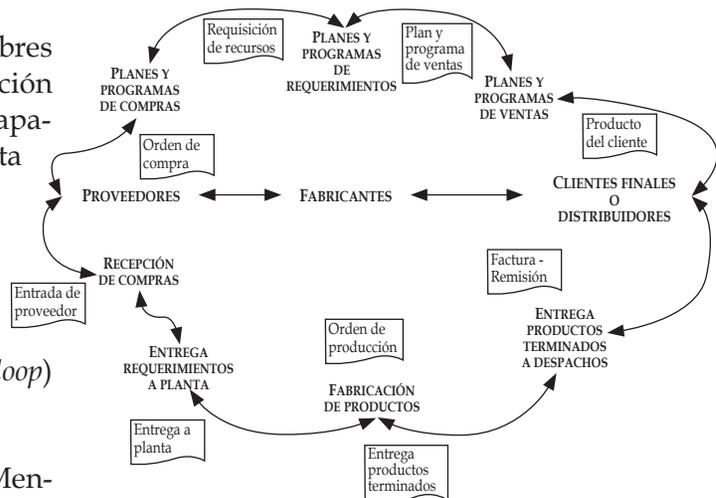
209). Así, la primera etapa del desarrollo de un modelo de logística colaborativa para una organización, será la *alineación o sincronización de la logística colaborativa interna*, la cual será la base para desarrollar la logística colaborativa con los socios en la cadena de suministro.

De acuerdo con Pope (Pope, 2006), los quiebres en los flujos logísticos y la falta de colaboración entre áreas funcionales disminuyen la capacidad de respuesta de la organización. Esta situación demanda estrategias para el logro de la colaboración entre áreas y el cierre de los quiebres a través de la visibilidad y trazabilidad de los flujos logísticos a lo largo de la organización, lo que se traduce en el concepto de ciclo logístico (*logistics loop*) (Lawrence, 1999, 43).

El ciclo logístico apreciable en la gráfica 1 (Mendoza Torres, 2005, 14), consta de un flujo de información y un flujo de materiales. Para tener visibilidad se deben identificar las etapas o estaciones a través de las cuales circulan los flujos de materiales e información, entre el punto de abastecimiento (proveedor) y el punto de consumo (cliente final) y viceversa.

Complementando, Christopher y Braithwaite (Christopher & Braithwaite, 1989, 192-197) adicionan la importancia de contar con una visión integrada del fluir del tiempo a través de las áreas funcionales de una organización y definen el tiempo rector como “el tiempo que tarda un pedido (del cliente) en convertirse en dinero” (Christopher & Braithwaite, 1989, 193). También argumentan que, a pesar de que las compañías ofrecen a los clientes “el producto correcto, en el tiempo correcto y en el lugar correcto” (Christopher & Braithwaite, 1989), en la práctica se presenta una deficiente planeación conjunta entre mercadeo y manufactura lo que impide cumplir con esa oferta (Christopher & Braithwaite, 1989), a lo que se adiciona la falta de sincronización entre tasa de demanda y tasa de abastecimiento, dando como resultado demoras en la respuesta frente a la demanda y agregación de costos, antes que de valor (Christopher & Braithwaite, 1989), en todo el ciclo. Entonces

la recomendación es manejar todos los componentes como un sistema integrado y reducir los tiempos del ciclo de proceso administrando adecuadamente las interrelaciones entre varias etapas del ciclo”.



Gráfica 1
Flujos de información y materiales
(Mendoza Torres, 2005)

En consecuencia, para sincronizar las tasas y administrar el tiempo del ciclo es necesaria la visibilidad en tiempo real sobre el flujo de materiales y el nivel de inventarios (Lawrence, 1999, 43). Así es posible tomar decisiones para agilizar el tiempo de respuesta ante la demanda, administrar la variabilidad del flujo (Lawrence, 1999) derivada de los cambios de la misma demanda y en consecuencia disminuir costos de sobrantes o faltantes de inventario.

Respecto al nivel de servicio al cliente, se considera que una orden ha sido atendida exitosamente cuando se cumple al 100% y es percibida de esa forma por el cliente. Sin embargo, cumplir al 100% con la totalidad de las órdenes puede ser utópico, en la medida que el nivel de servicio depende del costo de los productos, el costo de manejo de inventarios, los tiempos de reposición de los proveedores, la variabilidad de la demanda entre otros (Lawrence, 1999). La compañía podrá incidir en el comportamiento de aquellos factores que estén bajo su control como el costo de los productos o el costo del manejo de inventarios, pero deberá adaptarse y

responder ante aquellos que no controla, como es el caso de los tiempos de reposición de los proveedores o la variabilidad de la demanda.

Respecto a la demanda, se recomienda el uso de modelos matemáticos combinado con el conocimiento del mercado y la experiencia de la dirección, lo que ha demostrado ser más efectivo que el uso de solo el modelo matemático o solo la experiencia e intuición (Lawrence, 1999).

Respecto a los proveedores, como cada uno tiene sus propios tiempos, condiciones y características, se requiere un estudio detallado de los mismos (Lawrence, 1999), para poder establecer sus tiempos de reposición y diseñar acciones conducentes a administrar adecuadamente la gestión de compras, mediante la elaboración de planes y programas que respondan a la demanda de clientes, consideren los tiempos de reposición de proveedores y permitan nivelar los inventarios, evitando incurrir en excesos o defectos.

La sincronización en la cadena de suministro permite que el flujo de materiales entre los miembros de la misma, fluya sin demoras (Khouja, 2003, 994). Por lo mismo, los costos totales de desplazamientos, manejo y alistamiento deben ser mínimos (Khouja, 2003). Pero esto es difícil de obtener, cuando los miembros de la cadena tienen objetivos dispares. Thomas y Griffin clasificaron los modelos operacionales de la cadena de suministro en tres categorías: coordinación entre *comprador y vendedor*, coordinación entre *producción y distribución* y coordinación entre *inventario y distribución* (Khouja, 2003).

Se aprecia que el flujo de materiales quedaría truncado en cualquiera de los tres modelos si no se incluyera el abastecimiento, puesto que se requiere una visión total del recorrido del flujo para sincronizar la tasa de demanda con la tasa de abastecimiento, donde se debe tener una coordinación distribución - producción - abastecimiento.

Esta coordinación da como resultado un programa completo que incluye programa de

ventas, programa de producción, programa de compras y programa de despachos, perfectamente articulados, lo que permitirá reaccionar prontamente ante cambios en la demanda (Khouja, 2003) o abastecimiento.

Por otra parte, respecto a la sincronización de flujos dentro de la misma organización, es importante revisar los costos que esta representa para cada estación de trabajo y considerar que el flujo óptimo para una estación, es decir el que representa el menor tiempo y la máxima utilización de capacidad y recursos, puede no ser óptimo para otras estaciones (Khouja, 2003).

Al respecto la teoría establece el caso de balanceo de línea, donde la situación más elemental presenta varios operarios o estaciones de trabajo consecutivas que trabajan como una unidad, y donde la tasa de producción dependerá del operario o la estación más lenta (Niebel & Freivalds, 2004,56), es decir el cuello de botella. Esto significa que habrá operarios o estaciones que tienen tiempos de espera debido a que son más rápidos que el cuello de botella, pero al final el flujo óptimo para el cuello de botella será el que determinará la tasa de salida del sistema aunque no sea el óptimo en términos de velocidad o uso de capacidad para las demás estaciones.

Sin embargo, si la tasa de producción es inadecuada siempre es posible trabajar tiempo extra en la estación cuello de botella, mejorar el método de trabajo, subcontratar, reasignar parte de la labor de la estación (Niebel & Freivalds, 2004,59) o automatizar operaciones.

En el caso de la sincronización de ventas - producción - compras - despachos, dentro del ciclo logístico se aplican los mismos principios del balanceo de líneas a las estaciones en las que se desarrolla el ciclo, y se hace por lo mismo necesario identificar y administrar las restricciones de capacidad y el cuello de botella, ya que alrededor de estas se balancea y regula el flujo de materiales.

Las técnicas de flujo de procesos son una herramienta para administrar tiempos de flujo, utilización de la capacidad y mejoramiento de la

logística. La metodología ayuda a visualizar las interrelaciones organizacionales mediante la definición del flujo del proceso y la determinación de los indicadores de desempeño de tiempo de ciclo y utilización de la capacidad (Selen & Van Mulken, 2002,44).

La disminución de la variabilidad del proceso es posible si además de la estandarización de procedimientos de operación se hace el análisis de las operaciones para eliminar tareas o actividades que no aportan valor y si generan demoras en el tiempo de flujo. "Al eliminar una operación (innecesaria) se ahorra el costo de un método mejorado y no hay interrupciones o retrasos" (Niebel & Freivalds, 2004,75) en el flujo. Al relacionar este control de la variabilidad del proceso con el concepto de tiempo rector, es decir el tiempo que tarda un pedido de un cliente en convertirse en dinero, al hacer el mapeo del ciclo logístico será indispensable identificar tareas o actividades innecesarias que no solo truncan los flujos logísticos, sino que demoran el tiempo que toma el ciclo, aumentando la duración del tiempo rector.

Respecto a la propuesta de sincronizar la capacidad con la demanda mediante la adición de estaciones, maquinaria o trabajadores, la planeación agregada, es decir el proceso de mantener en equilibrio la demanda del mercado con la oferta de la organización (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2005, 574), brinda las herramientas para lograr esa sincronización.

El proceso de planeación incluye el plan de ventas que puede abarcar desde seis meses hasta dieciocho incluso (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2005, 574), expresado en unidades de productos o familias de estos, del cual se deriva el plan de producción. Estos planes buscan satisfacer la demanda, pero el logro de este objetivo se puede dificultar por los cambios que registra la demanda debidos a tendencias, estacionalidades e imprevistos (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2005, 575) de la misma. En el plan agregado se desarrolla el programa maestro de producción el cual se desglosa por meses, cada mes por semanas, las semanas por días y si es el caso, los días por turnos, el plan de requerimientos

de materiales e insumos para la producción, el programa de pedidos a proveedores y la programación de los requerimientos de fuerza laboral (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2005, 576).

En este proceso emerge la necesidad de coordinar ventas, producción y abastecimiento, a través de los planes de ventas, los programas de producción y los programas de compras, considerando las restricciones de capacidad y el cuello de botella, para garantizar el fluir del ciclo logístico, la reducción del tiempo rector y la respuesta efectiva a los clientes. Esto será posible si se obtiene el desarrollo de la logística colaborativa interna que administre y sincronice adecuadamente los flujos de materiales y los flujos de información para dinamizar el ciclo logístico y lograr el nivel de servicio y la tasa de respuesta requerida por la demanda, al tiempo que racionaliza el volumen y la rotación de inventarios.

3. METODOLOGÍA

El estudio de casos colectivo (Denzin & Lincoln, 226-247), metodología de esta investigación, buscó identificar patrones similares, haciendo análisis de cada empresa y contrastando entre ellas, para identificar problemáticas comunes.

Esta investigación fue descriptiva cualitativa y aplicada. Descriptiva cualitativa por cuanto hizo una exploración y una descripción de la problemática observada, en un ambiente natural sin intervención de los investigadores y por lo mismo no se tuvo control ni se manipularon variables. Aplicada, porque partió de conocimientos ya existentes, para mediante su articulación diseñar un modelo que sea aplicable como parte de la solución a la problemática estudiada. Y causal porque identificó relaciones entre las variables identificadas, las cuales se plasmaron en el modelo matemático. El diseño utilizado fue el transversal, dado que se hicieron observaciones en un punto en el tiempo.

La población original estuvo conformada por empresas focales o pivote de cadenas de suministro de sectores manufactureros y comercia-

les integradas por pymes, considerando como pivote de la cadena la empresa productora o comercializadora del bien demandado por el mercado final de consumo. El análisis de casos se trabajó en cinco (7) empresas focales de la ciudad de Bogotá de los sectores de manufacturas plásticas, productos de aseo industrial, comercializadores de frutas y verduras y de maquinaria industrial, y cada caso se trató en un trabajo de grado del pregrado de Ingeniería Industrial o Administración de Empresas de la Universidad Autónoma de Colombia. A esta población se añadieron 24 pequeñas y medianas empresas donde los modelos conceptual, analítico y matemático fueron aplicados y perfeccionados.

Tratándose de una investigación descriptiva fue necesario seleccionar un grupo de empresas que contaran con un sistema logístico identificable, a manera de empresas focales o pivote dentro de una cadena de abastecimiento particular y la selección fue por conveniencia, pues se dependió de la aprobación y colaboración de los empresarios.

Para la fase de diagnóstico, se hizo seguimiento al ciclo logístico ventas - producción - compras, mediante entrevistas y matrices de cruce. Dado que los resultados mostraron que existía una evidente desarticulación en los procesos logísticos, se diseñó una *encuesta de perfil logístico colaborativo*, para evaluar la capacidad de colaboración de las empresas que se estaban integrando a la investigación y confirmar en cuales puntos del ciclo logístico se presentaba mayor desarticulación. Se evaluaron la capacidad de colaboración, la capacidad de absorción y la capacidad de enfrentar problemas y el instrumento se aplicó a 35 funcionarios de las empresas en estudio, jefes de producción, compras, ventas, despachos y almacén en dos empresas. No fue posible aplicarlos en las otras compañías debido a que por su tamaño, los roles de decisiones están concentrados en una o dos personas y ya se tenían los conceptos de estas, obtenidos a través de las entrevistas. Los cuestionarios obtenidos se procesaron mediante SPSS, para obtener las frecuencias relativas sobre las respuestas a cada pregunta del cuestionario y sobre estas se hizo el análisis

concluyente, que permitió identificar patrones compartidos por las empresas en relación con la capacidad de colaboración y el grado de desarticulación del ciclo logístico.

Confirmada la problemática e identificados los puntos de desarticulación, se procedió a observar la ruta del ciclo logístico en las empresas y combinada esta observación con los referentes teóricos, se procedió al diseño, prueba y perfeccionamiento de los modelos de sincronización, mediante la elaboración de trabajos prácticos en empresas reales.

4. RESULTADOS

4.1. Patrones comunes

Empresa No. 1. Comercializadora de frutas

Falta sincronizar el abastecimiento con la demanda. Hay épocas de altos niveles de inventario y carga de trabajo y otras de baja actividad donde se generan costos de mano de obra improductiva. Sobre devoluciones de clientes, la falta de sincronización de tiempos de recibo, reclasificación y retorno al canal comercial, conduce a pérdidas, derivadas de ventas a precio más bajo del normalmente facturado o pérdida de producto por vencimiento (LEON & GUARIN, 2006).

Empresa No 2. Productora de productos de aseo industrial

Se evidencian los síntomas de problemas derivados de la falta de sincronización entre áreas, en este caso Compras, Producción y Despachos, lo que afecta la capacidad de respuesta de la empresa frente al mercado y el nivel de servicio que se brinda a los clientes (Jaime, Prado, & Rojas, 2005).

La carencia de la normalización de los procesos, de una adecuada planeación y programación tanto de las compras como de la producción y de información oportuna afecta el flujo de materiales, lo cual ocasiona retrasos tanto en la entrega de productos como en la emisión de la

documentación necesaria para el despacho de los productos, disminuyendo el nivel de servicio y el cumplimiento en las entregas a clientes (Jaime, Prado, & Rojas, 2005).

Empresa No 3. Empresa fabricante de empaques plásticos

La situación descrita tiene los síntomas derivados de la falta de sincronización entre áreas, en este caso Ventas y Producción, lo que afecta la capacidad de respuesta de la empresa frente al mercado y el nivel de servicio que se brinda a los clientes (González, Torres, & Vargas, 2006).

La carencia de un flujo de información fluido entre Producción y Ventas afecta el flujo de materiales, lo cual ocasiona retrasos en la entrega de productos a clientes. Otro problema es la presencia de errores en la toma de pedidos de clientes lo que incide en todo el proceso de fabricación y compra de materias primas e insumos, afectando finalmente al cliente a través de despachos de productos que no corresponden a lo solicitado (González, Torres, & Vargas, 2006).

Empresa 4. Empresa fabricante de partes plásticas

La falta de sincronización entre ventas y compras se evidencia por el exceso de inventarios de materia prima. Por otra parte, la acumulación de inventarios en proceso también puede ser producto de una desarticulación en el ciclo ventas - producción - compras. El hecho de carecer de un sistema de información sobre clientes y proveedores es síntoma de desarticulación del ciclo logístico (Pineda, Pérez, & Corredor, 2006).

Empresa No 5. Empresa comercializadora de maquinaria

Además de tener fragmentada la toma de decisiones sobre las compras, falta sincronización entre la demanda y la oferta en términos de tiempo de respuesta. Siendo una comercializadora, el ciclo logístico se reduce a ventas - compras, pero es necesario articular estos dos

procesos para responder efectivamente a los clientes. Como la empresa además de vender maquinaria y repuestos, ofrece los servicios de alquiler de maquinaria y mantenimiento, estos se ven afectados a su vez por la falta de disponibilidad de repuestos en el momento que se requieren. En este caso es necesario sincronizar también las ventas de alquileres y los servicios de mantenimiento con la compra y disponibilidad de repuestos (Quiroga & García, 2006).

Empresa No 6. Compañía de automatización industrial

En esta empresa existe desarticulación entre los procesos de compras, administración de inventarios y despachos. Al manejar cifras de demanda estáticas y carecer realmente de un proceso de planeación de demanda al no consultar la verdadera dinámica del mercado, adquiere referencias de inventario que no responden a lo que requieren los clientes, lo que genera desabastecimiento y compras de emergencia, afectando el tiempo de respuesta de la empresa a la demanda y bajo nivel de servicio al cliente (Rugeles & García, 2005).

Empresa No 7. Empresa fabricante de equipos eléctricos

En esta empresa existe desarticulación entre los procesos de compras, administración de inventarios y despachos. Adicional a esto, como el área de compras desconoce los tiempos de reposición de los proveedores y los niveles de demanda de los clientes, carece de un programa de recepción de compras que pueda ser coordinado con los niveles de inventario disponible para despacho a clientes (Tibasosa, 2005).

En conclusión, se observó en todas las empresas estudiadas la falta de articulación de la logística interna, independientemente de que las empresas tengan su sistema de gestión de calidad certificado por norma, o de que posean una plataforma de tecnologías de información y comunicación robusta, razón por la cual se decidió continuar con el proceso de indagación para identificar las causas de esta problemática, esta vez trabajando sobre la determinación

del perfil de capacidad de colaboración tanto externa como interna. Los hallazgos se presentan a continuación.

4.2. Perfil de capacidad colaborativa

Este cuestionario fue aplicado a 35 funcionarios de las dos de las empresas que se desempeñan en cargos de decisión en los procesos del flujo logístico (ventas, producción, distribución y compras) como medio de contraste y confirmación de los resultados obtenidos de las entrevistas y las observaciones. A continuación, se presentan los principales hallazgos resultados de la aplicación del cuestionario de perfil de capacidad logística, producto del análisis de frecuencias relativas para las categorías de respuesta de cada pregunta:

Empresa A

En la dimensión de capacidad colaborativa se aprecia que los entrevistados perciben una cul-

tura de colaboración entre las áreas y con otras empresas, así como apoyo por parte de los niveles gerenciales. Sin embargo, llama la atención la polarización presente en los resultados frente a los procedimientos para reconocer y resolver conflictos y el uso de indicadores para evaluar el impacto de la colaboración. Aunque en la empresa existen indicadores de gestión para evaluar el cumplimiento de los diferentes aspectos, *no hay de manera explícita, indicadores de colaboración entre dichas áreas* (González, Torres, & Vargas, 2006).

La capacidad de absorción de la empresa es percibida como adecuada y en la dimensión de capacidad de atención a problemas específicos, se tienen dificultades en: entrega de pedidos a tiempo, disposición de material de reciclaje y bodegaje, estanterías y equipos de movimiento de carga (González, Torres, & Vargas, 2006). Esto se aprecia en los porcentajes relacionados con la distribución y el retorno.

Tabla No 1.
Perfil de capacidad colaborativa Empresa A (González, Torres, & Vargas, 2006)

	ASPECTOS	1	2	3	4	5	TOTAL
CAPACIDAD COLABORATIVA	Cultura de colaboración empresa - áreas	0,0%	0,0%	2,9%	30,0%	67,0%	100
	Cultura de colaboración empresa - otras empresas	4,0%	13,8%	5,1%	30,3%	46,8%	100
	Apoyo niveles de empresa	0,0%	0,0%	0,0%	5,0%	95,0%	100
	Procedimientos para reconocer y resolver conflictos	22,6%	1,3%	7,6%	40,5%	28,0%	100
	Indicadores para evaluar el impacto	22,9%	1,4%	14,6%	20,1%	41,0%	100
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	Investigación, desarrollo y conocimiento	0,0%	3,8%	8,7%	18,5%	69,0%	100
CAPACIDAD ATENCIÓN PROBLEMAS ESPECÍFICOS	Aprovisionamiento	14,9%	24,2%	5,2%	9,7%	46,0%	100
	Producción	8,2%	8,2%	13,0%	35,3%	35,3%	100
	Distribución	32,3%	19,7%	18,9%	29,1%	0,0%	100
	Retorno	46,0%	8,0%	8,0%	37,9%	0,0%	100

1. Mala 2. Deficiente 3. Regular 4. Buena 5. Excelente

También se encontró que los entrevistados consideran que se necesita un mayor esfuerzo entre las áreas, como lo expresaron: “siempre es importante tener colaboración; aunque se dé, nunca está de más un mayor esfuerzo...” (González, Torres, & Vargas, 2006).

Tabla No 2
Expectativas de mejoramiento Empresa A (González, Torres, & Vargas, 2006)

	ASPECTOS	1	2	3	TOTAL
MEJORAMIENTO CAPACIDAD COLABORATIVA	Usted considera que se requiere un mayor esfuerzo en el logro de la colaboración entre:	36,1%	20,6%	43,4%	100
	Se ven beneficios para la empresa y para el personal derivados de la colaboración entre áreas.	52,5%	13,5%	33,9%	100
	Criterios de decisión.	56,0%	10,6%	33,4%	100

1. Si 2. No 3. No sabe/no responde

Empresa B

En cuanto a la capacidad colaborativa, se observa como *falencia la falta de indicadores* y de procedimientos para reconocer y resolver conflictos, y su coherencia en las respuestas es clara pues en la medida en que en la

empresa no se oficializan y acreditan los procesos y procedimientos para reconocer los conflictos esta no puede evaluar el impacto que tengan los resultados de posibles conflictos que se presenten (Pineda, Pérez, & Corredor, 2006).

Tabla No. 3
Perfil de capacidad colaborativa Empresa B (Pineda, Pérez, & Corredor, 2006)

	ASPECTOS	1	2	3	4	5	TOTAL
CAPACIDAD COLABORATIVA	Cultura de colaboración empresa - áreas	1,125	0	12,5	18,18	68,18	100
	Cultura de colaboración empresa - otras empresas	10,57	3,91	17,77	23	44,7	100
	Apoyo niveles de empresa	0	0	0	16,67	83,33	100
	Procedimientos para reconocer y resolver conflictos	13,62	0,75	28,02	14,4	43,17	100
	Indicadores para evaluar el impacto	34,54	0	33,66	14,52	17,28	100
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	Investigación desarrollo y conocimiento	5,1	2,84	19,31	33,51	39,2	100
CAPACIDAD ATENCIÓN PROBLEMAS ESPECÍFICOS	Aprovisionamiento	0	0	34,1	47,7	18,2	100
	Producción	4,55	6,8	72,75	4,55	11,35	100
	Distribución	4,55	22,75	31,85	29,5	11,35	100
	Retorno	0	36,4	54,5	9,1	0	100

1. Mala 2. Deficiente 3. Regular 4. Buena 5. Excelente

Dentro de la capacidad de atención a problemas específicos se percibe baja capacidad de resolución de problemas en producción, distribución y retorno, en tanto que se aprecia buena capacidad de respuesta en aprovisionamiento (Pineda, Pérez, & Corredor, 2006).

Frente a la capacidad colaborativa se encontró que en un 62.73% se requiere un mayor

esfuerzo en la colaboración del conjunto de relaciones que posee la empresa en general. De la misma forma en un 58.16% el personal encontró que se ven beneficios íntegros derivados de la colaboración, por lo que se puede vislumbrar la disposición de un gran porcentaje de la empresa *en la necesidad de mejorar la colaboración existente* (Pineda, Pérez, & Corredor, 2006).

Tabla No. 4
Expectativas de mejoramiento Empresa B (Pineda, Pérez, & Corredor, 2006)

	ASPECTOS	SI	NO	Ns/ NR	TOTAL
MEJORAMIENTO CAPACIDAD COLABORATIVA	Usted considera que se requiere un mayor esfuerzo en el logro de la colaboración entre:	62,73	32,73	4,53	100
	Se ven beneficios para la empresa y para el personal derivados de la colaboración entre	58,16	36,81	4,99	100
	Criterios de decisión	67,28	26,36	6,36	100

Como gran conclusión, se observa que persiste la falta de articulación entre las áreas y que el patrón común es la baja capacidad de atención de problemas específicos en distribución y retorno. Respecto a expectativas de mejoramiento de la capacidad colaborativa, los encuestados muestran su interés en el desarrollo de criterios de decisión y en continuar desarrollando una cultura de colaboración.

La baja capacidad de atención de problemas de distribución afecta el nivel de servicio de las organizaciones frente a los requerimientos de los clientes en lo relacionado con oportunidad y disponibilidad de producto. Surge entonces de nuevo el interrogante respecto a que puede estar fallando en el ciclo logístico total el cual culmina con la distribución.

5. MODELO MATEMÁTICO

El modelo matemático presenta de forma cuantitativa los elementos y las interrelaciones generales que corresponden a la sincronización del flujo de información en unidades, buscando ser una herramienta didáctica y sin pretender ser en ningún momento un aporte original, puesto

que se alimenta de diversos enfoques teóricos, combinados con circunstancias reales observadas en las empresas objeto de estudio.

El planteamiento aplica fundamentos de programación lineal, aunque no es un problema de programación lineal puro, ya que se establece como función objetivo el margen de contribución (precio - costo variable), el cual se busca maximizar sujeto a las restricciones dadas por el mismo flujo de información y por la capacidad de respuesta del sistema de producción, por lo que se considera que éstos son los más adecuados para el propósito didáctico y para facilitar la comprensión y aplicación en las pequeñas y medianas empresas, aunque no los únicos, pues debido a la dinámica de estas pueden surgir otros elementos que representan cambios de estado y selección de opciones que se presentan simultáneamente.

Este modelo es fácilmente traducible a un programa de computador que permita procesar grandes volúmenes de información en un tiempo muy corto, o para pequeños volúmenes, se puede implementar en hojas de cálculo o pruebas de escritorio.

agua por unidad producida o kilowatios de energía. Pueden también ser materiales de limpieza, combustibles, refrigerantes o lubricantes que tengan relación con cada unidad de producto y solo se presentan como costo cuando hay producción. Como la función objetivo de este modelo es el margen de contribución, solo es necesario considerar el CIF variable por unidad, lo que elimina el problema que representa el cálculo de tasas de asignación de costos fijos indirectos, para diferentes mezclas de productos. Igual que con la materia prima y la mano de obra directa, estos se pueden mantener constantes durante varios periodos o variar por cambios de tarifas por ejemplo de servicios públicos o mantenimientos. Se representa por:

$CF_{i,t}$ = costo CIF variable aplicado a una unidad de producto i en el periodo t .

El inventario inicial de cada producto es un dato de entrada que inicializa la dinámica del sistema y es definido por la organización de acuerdo con sus políticas y con el tipo de productos y negociaciones que maneja. Por ejemplo, si se trabaja bajo órdenes de pedido especiales para cada cliente, como en el caso de fabricantes de muebles de oficina, no habrá inventario inicial de productos, pero si se tienen productos de línea que se comercializan masivamente como en el caso de las bolsas plásticas, se tiene inventario de productos. Se representa por:

$I_{i,0}$ = inventario inicial del producto i .

Igual que sucede con el producto terminado, el inventario inicial de cada materia prima es un dato de entrada que inicializa la dinámica del sistema y es definido por la organización de acuerdo con sus políticas y con el tipo de materias primas y negociaciones con proveedores que maneja. Por ejemplo, si se utiliza una materia prima perecedera, es probable que no se tenga inventario, pues se compra exactamente lo que se requiere para la producción como la leche líquida para una empresa de derivados lácteos, cuyo suministro es diario. Pero si se está hablando de polipropileno, para la producción de bolsas plásticas y los proveedores además de encontrarse en otra ciudad u otro país, tienen

establecido un lote mínimo de despacho, es evidente que se tiene inventario. La representación queda como:

$I_{j,0}$ = inventario inicial de la materia prima j .

Es importante considerar lo que le cuesta a la organización el mantener unidades de producto en inventario. Este costo es resultado de un análisis previo donde se considera el costo financiero del capital inmovilizado en inventario, el costo del espacio físico ocupado por cada unidad en inventario representado en arriendo o depreciación, mantenimiento e impuestos de las instalaciones físicas, el costo del personal que administra y maneja el inventario, el costo de seguros y vigilancia, entre otros. Finalmente, se obtiene un costo estándar unitario de mantener una unidad adicional en inventario, que puede ser constante o ajustado a través del tiempo, el cual se representa por:

$H_{i,t}$ = costo de mantener una unidad de producto i en inventario, en periodo t .

Igual que en el caso del inventario de producto terminado, se considera el costo de mantener una unidad adicional en inventario de materia prima, el cual es:

$H_{j,t}$ = costo de mantener una unidad de materia prima j en inventario en periodo t

Dado que la producción depende de la disponibilidad de capacidad productiva de la organización y que el supuesto sobre el que se trabaja este modelo es la aplicación de operaciones sincronizadas teniendo como eje central la estación cuello de botella, se definen como datos de entrada, las capacidades reales de cada estación que compone el subsistema de producción, expresadas en horas, no en cantidad de productos. Esto en razón de que la producción corresponde a una mezcla de cantidades de distintas referencias de productos, que varía de periodo a periodo, lo que hace necesario utilizar una unidad de medida que permita comparar la capacidad disponible de las estaciones, con la demanda de capacidad del programa de producción, lo que se traduce en horas demandas

por la mezcla de producción en el periodo contra horas de capacidad realmente disponibles. Igualmente se habla de capacidad realmente disponible, para no incurrir en el error de considerar en el modelo la capacidad teórica o de diseño instalada, pues es necesario depurar ésta mediante el ajuste por tiempos muertos estimados en los que necesariamente se incurre, alistamiento de puestos de trabajo y maquinaria, recambios de órdenes de producción, mantenimientos programados, y el ajuste por una estimación de tiempos perdidos por eventos contingentes como cortes inesperados de servicios públicos, demora en llegadas de materias primas e insumos, incapacidades por enfermedad o daños emergentes de máquina, entre otros. La capacidad por estación, se representa como:

E_k = capacidad disponible en horas de la estación k en el periodo.

Dado que la capacidad se medirá en horas y las unidades de producción se deben traducir a horas, los tiempos estándar de operación por unidad de producto o lote de producto en cada estación de trabajo, se convierten en datos de entrada de este modelo y se representan por:

$S_{i,k}$ = tiempo estándar unitario de operación para el producto i en la estación k .

Variables o datos a calcular

Las variables son las incógnitas sobre cuyo valor se toman decisiones en el flujo de información. Decisiones de primer orden son cuanto producir de cada producto en el periodo y cuanto comprar de materia prima para garantizar el flujo de la producción y cubrir el consumo. En un nivel intermedio, dado que son resultado de las interacciones de los parámetros y variables del sistema se encuentran el consumo de materias primas durante cada periodo y el nivel de los inventarios de producto terminado y materia prima, de acuerdo a la variación de las ventas, la cual incide en la producción y en los inventarios. Y en el nivel de restricciones, la que acota el modelo para que converja corresponde a la capacidad del subsistema de producción en cada periodo, la cual está determinada por la

capacidad real en horas para el periodo de la estación cuello de botella, la cual solo se puede determinar una vez se conozca la mezcla de producción del mismo.

A continuación, se presentan las variables del modelo:

$X_{i,t}$ = cantidad a producir del producto i en el periodo t .

$Y_{j,t}$ = cantidad a consumir de materia prima j en el periodo t .

$W_{j,t}$ = cantidad a comprar de materia prima j en el periodo t .

$I_{j,t}$ = Inventario de producto terminado al inicio del periodo t , $t = 1, \dots, T$.

$I_{j,t}$ = Inventario de materia prima al inicio del periodo t , $t = 1, \dots, T$.

$CD_{k,t}$ = capacidad demandada de la estación K en el periodo t .

CB_t = Capacidad de la estación cuello de botella en el periodo t .

Restricciones o condiciones de trabajo del modelo

Restricción (1) de inventarios de producto terminado depende de la política de inventarios de la organización. Para este caso, el supuesto es que se tienen productos de línea con demanda variable de periodo a periodo, por lo que la política de acuerdo con la experiencia, la capacidad de gestión de la organización y la disponibilidad de materias primas en el mercado, es mantener un 25% de las unidades a vender en el periodo siguiente.

$$I_{i,t} = 0.25 * V_{i,t+1} \quad (1)$$

Restricción (2) de producción, la cual muestra el juego de inventarios de producto terminado y ventas, lo que determina la cantidad de unidades a producir de cada referencia.

$$X_{i,t} = V_{i,t} + I_{i,t+1} - I_{i,t} \quad (2)$$

Restricción (3) de inventarios de materia prima depende de la política de inventarios de la organización e incluso puede variar según tipo de materias primas y condiciones de los proveedores. Para el ejemplo, el supuesto propone trabajar con proveedores locales que responden con prontitud, por lo que tener una provisión de inventarios del 10% del consumo del periodo es suficiente.

$$I_{j,t} = 0.10 * Y_{j,t} \quad (3)$$

Restricción (4) de consumo de materias primas, es el cálculo del consumo total por cada materia prima, derivado de multiplicar el consumo unitario de cada materia prima en el producto específico por la cantidad de unidades de este a producir en el periodo y luego sumar el consumo total materia prima por materia prima para todos los productos.

$$Y_{j,t} = \sum X_{i,t} * M_{i,j} \quad (4)$$

Restricción (5) de compras es la ecuación que a través del juego de inventarios de materia prima y el consumo, permite calcular las cantidades a comprar, o mejor a recibir de los proveedores durante cada periodo.

$$W_{j,t} = Y_{j,t} + I_{j,t+1} - I_{j,t} \quad (5)$$

Restricción (6) de no negatividad

$$X_{i,t}, Y_{j,t}, W_{j,t}, I_{j,t}, I_{j,t}, CB_t \geq 0 \quad (6)$$

Restricción (7) cálculo de la capacidad demandada por la mezcla de productos en cada estación de trabajo.

$$S_{k,i} * X_{i,t} = CD_{k,t} \quad (7)$$

Restricción (8) determinación de la estación cuello de botella para el periodo, que corresponde a aquella que presenta la máxima capacidad demandada por la mezcla de productos.

$$CB_{k,t} = \underset{k,t}{\text{máximo}} \{CD_{k,t}\} \quad (8)$$

Restricción (9) de capacidad, es la que acota el modelo y afirma que el total de tiempo deman-

dado por la mezcla en la estación cuello de botella k , debe ser menor o igual a la capacidad de esta estación y se representa por:

$$CB_{k,t} \leq E_k \quad (9)$$

Función objetivo

$$Z_{\max} = \{ \sum (P_{i,t} * V_{i,t}) \} - \{ \sum C_{j,t} * Y_{j,t} \} - \{ \sum L_{i,t} * X_{i,t} \} - \{ \sum CF_{i,t} * X_{i,t} \} \quad (10)$$

Esta función objetivo busca maximizar el margen de contribución, por lo que sus componentes se traducen en:

$\{ \sum (P_{i,t} * V_{i,t}) \}$ corresponde a las ventas en pesos obtenidas de multiplicar los precios unitarios de venta por las cantidades a vender.

$\{ \sum C_{j,t} * Y_{j,t} \}$ corresponde al costo de la materia prima consumida en la producción, obtenida de multiplicar el costo unitario de la materia prima por la cantidad consumida en la producción.

$\{ \sum L_{i,t} * X_{i,t} \}$ corresponde al costo de la mano de obra directa aplicada a la producción obtenido de multiplicar el costo unitario estándar de la mano de obra directa por las cantidades producidas.

$\{ \sum CF_{i,t} * X_{i,t} \}$ corresponde al costo indirecto de fabricación variable unitario multiplicado por la cantidad de unidades producidas.

De acuerdo con las necesidades de cada organización, el modelo puede prescindir de algunos parámetros o variables, o incluirlos. Por ejemplo, se puede hablar de restricciones de almacenamiento colocando parámetros de volumen ocupado por cada producto. También se puede dejar abierto para considerar inventarios agotados, eliminando la restricción de no negatividad de los mismos e incluyendo una penalización por agotados. Igualmente se puede considerar dejar pedidos pendientes para el siguiente periodo e incluir una penalización por la demora. Estas múltiples posibilidades dependerán de cada organización.

En conclusión, el modelo integra la tasa de demanda (ventas proyectadas) con la tasa de abastecimiento (compras planeadas) y la tasa de producción (capacidad disponible). En el modelo se integran las ventas, los inventarios, la producción y las compras lo que hace posible sincronizar los flujos en el ciclo logístico ventas - producción - compras. Para una futura investigación queda abierta la opción de integrar los planes y programas de despacho y los planes y programas de retorno, para completar el ciclo logístico ventas - producción - distribución - retorno - compras.

5.2 Ejemplo

Una organización ofrece al mercado tres referencias de productos: A, B C. El plan y programa de ventas para los próximos cuatro meses está establecido en unidades, así:

	Precio venta (\$)	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
Producto A	600.000	500	450	650	580
Producto B	1.200.000	350	320	280	400
Producto C	800.000	800	760	910	850

La empresa desea establecer sus planes de producción, y compras para el primer trimestre del año. Las políticas de inventario de productos terminados y los inventarios al inicio del primer mes, son:

	Inventario inicial de producto terminado (unidades)	Política de inventario de producto terminado*
Producto A	20	25% de las ventas del siguiente mes
Producto B	30	25% de las ventas del siguiente mes
Producto C	50	25% de las ventas del siguiente mes

* Aunque en esta prueba se utiliza una política fija es posible definir una política distinta para cada producto de acuerdo con la dinámica de la demanda y la capacidad de respuesta de la organización.

En cuanto las materias primas, se utilizan cuatro materiales básicos: tela, relleno, resortes y cremalleras. La lista de materiales por producto, el inventario inicial de cada una y las políticas de inventario, se presentan en la tabla a continuación:

	Costo de compra (Valor de inventario constante)	Producto A	Producto B	Producto C	Inventario inicial materia prima (unid)	Política de inventario de materias primas*
Tela	12.500	6 metros	18 metros	12 metros	1000 metros	10% del consumo del mes
Relleno	600	4 libras	12 libras	6 libras	200 libras	10% del consumo del mes
Resortes	2.000	12 unidades	48 unidades	24 unidades	144 unidades	10% del consumo del mes
Cremallera	1.500	6 metros	10 metros	8 metros	120 metros	10% del consumo del mes

* Igual que sucede con los inventarios de producto terminado, es posible definir una política distinta para cada materia prima de acuerdo con la dinámica de los proveedores y los recursos de la organización.

El proceso de producción está compuesto por cuatro estaciones de trabajo: corte, costura, ensamble y acabados. La capacidad disponible en el mes de cada estación, expresada en horas, es:

	Corte	Costura	Ensamble	Acabados
Capacidad horas	288	1152	1728	864

Los tiempos estándares de operación por unidad de producto en cada estación se muestran en la siguiente tabla, expresados en fracción de hora:

	Corte (Hrs)	Costura (Hrs)	Ensamble (Hrs)	Acabados (Hrs)
Producto A	0,017	0,25	0,5	0,25
Producto B	0,033	0,5	1	0,5
Producto C	0,025	0,37	0,75	0,3

Los costos estándar unitarios de mano de obra directa y costos indirectos de fabricación variables por producto, son:

	Mano de obra (\$)	CIF (\$)
Producto A	20.579,30	15.000
Producto B	74.414,74	60.000
Producto C	41.158,59	30.000

Los costos de mantener en inventario una unidad de producto terminado, son:

	Producto A	Producto B	Producto C
Costo mantener (\$)	2.881	10.418	5.762

Los costos de mantener en inventario una unidad de materia prima, son:

	Tela	Relleno	Resortes	Cremallera
Costo mantener (\$)	1.750	84	280	210

A continuación, se hace uso de la dinámica especificada en el modelo en la sección de restricciones y condiciones de trabajo, para hacer los cálculos de unidades a producir, consumo de materias primas, unidades a comprar, niveles de inventarios finales de productos terminados y materias primas, identificación de estación cuello de botella.

Cálculo de inventarios finales de producto terminado: se aplica la política de inventarios de producto terminado, obteniendo

$$I_{i,t} = 0.25 * V_{i,t+1}$$

Inventario final de producto terminado en unidades

	Mes 1	Mes 2	Mes 3
Producto A	113	163	145
Producto B	80	70	100
Producto C	190	228	213

Cálculo de unidades a producir en cada periodo

$$X_{i,t} = V_{i,t} + I_{i,t+1} - I_{i,t} \quad (11)$$

Producción en unidades para el trimestre

	Mes 1	Mes 2	Mes 3
Producto A	593	500	633
Producto B	400	310	310
Producto C	940	798	895

Cálculo del consumo de materias primas en unidades de medida

$$Y_{j,t} = \sum X_{i,t} * M_{i,j} \quad (12)$$

	Mes 1	Mes 2	Mes 3
Tela	22.035	18.150	20.115
Relleno	12.810	10.505	11.620
Resortes	48.870	40.020	43.950
Cremallera	15.075	12.480	14.055

Cálculo de los inventarios finales de materias primas en unidades de medida

$$I_{j,t} = 0.10 * Y_{j,t} \quad (13)$$

	Mes 1	Mes 2	Mes 3
Tela	2.204	1.815	2.012
Relleno	1.281	1.051	1.162
Resortes	4.887	4.002	4.395
Cremallera	1.508	1.248	1.406

Cálculo de las compras de materias primas en unidades

$$W_{j,t} = Y_{j,t} + I_{j,t} - I_{j,t-1} \quad (14)$$

	Mes 1	Mes 2	Mes 3
Tela	23.239	17.762	20.312
Relleno	13.891	10.275	11.732
Resortes	53.613	39.135	44.343
Cremallera	16.463	12.221	14.213

Hasta este punto se tienen los planes de producción, consumo y compras del trimestre, así como los saldos finales a mantener en inventario de cada periodo, tanto de materia prima como de producto terminado de acuerdo con las políticas establecidas.

Cálculo de la capacidad demandada por la mezcla de productos en cada estación de trabajo, para cada periodo.

$$S_{k,i} * X_{i,t} = CD_{k,t} \quad (15)$$

Periodo 1

	Corte (Hrs)	Costura (Hrs)	Ensamble (Hrs)	Acabados (Hrs)
Producto A	10,0725	148,125	296,25	148,125
Producto B	13,2	200	400	200
Producto C	23,5	347,8	705	282
Total horas	46,77	695,93	1401,25	630,13

Periodo 2

	Corte (Hrs)	Costura (Hrs)	Ensamble (Hrs)	Acabados (Hrs)
Producto A	8,5	125	250	125
Producto B	5,27	155	310	155
Producto C	13,5575	295,075	598,125	239,25
Total horas	27,33	575,08	1158,13	519,25

Periodo 3

	Corte (Hrs)	Costura (Hrs)	Ensamble (Hrs)	Acabados (Hrs)
Producto A	10,7525	158,125	316,25	158,125
Producto B	10,23	155	310	155
Producto C	22,375	331,15	671,25	268,5
Total horas	43,36	644,28	1297,50	581,63

En cada uno de los periodos se observa que la estación que presenta mayor demanda de horas de trabajo es ensamble, por lo que esta es el cuello de botella, lo que corresponde a:

$$CB_{k,t} = \text{máximo} \{CD_{k,t}\}_{k,t} \quad (16)$$

Siendo la capacidad real disponible de esta estación de trabajo de 1728 horas, se cumple la restricción que establece que:

$$CB_{k,t} \leq E_k \quad (17)$$

En caso de no cumplirse la restricción, la organización deberá tomar la decisión respecto a dejar de atender las ventas planeadas o tomar acciones que permitan ampliar la capacidad del cuello de botella, para responder a la demanda.

Por consiguiente, con los resultados obtenidos el valor de la función objetivo es:

$$Z_{\max} = \{\sum (P_{i,t} * V_{i,t})\} - \{\sum C_{j,t} * Y_{j,t}\} - \{\sum L_{i,t} * X_{i,t}\} - \{\sum CF_{i,t} * X_{i,t}\} \quad (18)$$

$$= \$4.076.000.000 - \$1.102.806.000 - \$2190.752.315 - \$166.050.000 = \$2.587.391.685$$

Con este resultado se aprecia, que el margen de contribución corresponde a:

Margen de contribución/ ventas = $2.587.391.685/4.076.000.000 = 63.48\%$, lo cual es atractivo desde el punto de vista financiero.

6. CONCLUSIONES

En términos de logística colaborativa en las pymes estudiadas, se encontró falta de sincronización entre abastecimiento - producción - distribución y retorno por lo que es necesario desarrollar herramientas que faciliten el logro de esa sincronía, con el propósito de mejorar la capacidad de respuesta y el nivel de servicio al cliente, mejorando así la competitividad de estas organizaciones.

Siendo la colaboración interna la primera condición para iniciar un programa de logística colaborativa, es necesario alinear primero la logística interna de la organización para posteriormente trabajar sobre la logística colaborativa externa.

La investigación mostró que las empresas estudiadas aunque tienen sentido de colaboración entre áreas, carecen de sincronización del ciclo logístico por falta de visibilidad del mismo por parte de la administración, a falta de métodos de articulación de flujos y a la carencia de indicadores de gestión o métricas que complementen el ciclo de control y permitan reaccionar y actuar ante desviaciones e imprevistos en el ciclo.

Buscando entonces brindar una visión clara y fácilmente entendible de cómo sincronizar los flujos logísticos, articulando las diferentes teorías se presenta un modelo matemático que agrupa conceptos y técnicas derivados de bases teóricas existentes, que representa de manera sencilla, la dinámica del flujo de información en el sistema logístico de empresa, buscando que sea comprensible para todos los usuarios y el ejemplo pone en evidencia las interrelaciones e interdependencia entre ventas, producción y compras, completando así la sincronización del flujo de información para los distintos planes que se derivan del sistema logístico de empresa.

Esta investigación fue una primera exploración sobre logística colaborativa y deja abierto el espacio para continuar trabajando en temas como la visibilidad del ciclo del flujo de información y materiales en la organización, el sistema de métricas que se requiere para mantener la sincronización como parte del sistema de retroalimentación y control.

En conclusión, el modelo integra la tasa de demanda (ventas proyectadas) con la tasa de abastecimiento (compras planeadas) y la tasa de producción (capacidad disponible). En el modelo se integran las ventas, los inventarios, la producción y las compras lo que hace posible sincronizar los flujos en el ciclo logístico ventas - producción - compras. Para una futura investigación queda abierta la opción de integrar los planes y programas de despacho y los planes y programas de retorno, para completar el ciclo logístico ventas - producción - distribución - retorno - compras.

REFERENCIAS

- BAGCHI, P. K. (2003). Integration of Information Technology and Organizations in a Supply Chain. *The Journal of Logistics Management*, 14, 6-8.
- CARRANZA, O. (2004). *Logística. Mejores prácticas en Latinoamérica*. México: Thomson Editores.
- CHASE, R., JACOBS, R., & AQUILANO, N. (2005). *Administración de la producción y las operaciones*. México: McGraw Hill Interamericana.
- CHRISTOPHER, M., & BRAITHWAITE, A. (1989). Administración de tiempos rectores. *Logistics Information Management*, 2 (4), 192-197.
- COHEN, S., & ROUSSEL, J. (2005). *Advantage Supply Chain*. Francia: Editions d'Organisation.
- DENZIN, N. K., & LINCOLN, V. S. *Handbook of Qualitative Research*. Sage Publication.
- GEORGIA Tech. (2006). *Collaborative Logistics: Building a United Network*. Recuperado el 5 de Agosto de 2006, de Collaborative Logistics: Building a United Network. <http://www.tli.gatech.edu/news/article.php?id=75>.
- GONZÁLEZ, B., TORRES, V., & VARGAS, L. (2006). *Modelo de gestión logística colaborativa para integración de cadenas de suministro pymes: Caso Ciplas S.A.*. Trabajo de grado, Universidad Autónoma de Colombia, Bogotá.
- JAIME, L., PRADO, M. L., & ROJAS, L. A. (2005). *Mejoramiento de los procesos administrativos y productivos en Kentex S.A.* Trabajo de grado, JAIME, Liliana. PRADO, Martha Lucía. ROJAS, Luz Angela. Mejoramiento de los procesos administrativos y product Universidad Autónoma de Colombia, Bogotá.
- KHOUJA, M. (2003). Synchronization in Supply Chains: Implications for Design and Management. *Journal of Operational Research Society* (54), 984-994.
- LAWRENCE, F. B. (1999). Closing the logistics loop: a tutorial. *Production and Inventory Management Journal*, 40, 43.
- LEÓN, S., & GUARÍN, R. (2006). *Mejoramiento logístico en Freskita Ltda.* Trabajo de grado, Universidad Autónoma de Colombia.
- MENDOZA TORRES, M. R. (2005). *Modelo de aprendizaje de competencias comunicativas para integrantes de cadenas de abastecimiento*. Tesis Magíster, Universidad de Los Andes, Bogotá.
- MENDOZA, M. R., & VELÁZQUEZ, A. (2003). *Esquema de integración e instrumentación de estrategias de gestión logística para el contexto colombiano*. (Vol. 12). Bogotá: Universidad Autónoma de Colombia.
- NIEBEL, B., & FREIVALDS, A. (2004). *Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: AlfaOmega.

- PINEDA, M., PÉREZ, L. A., & CORREDOR, O. (2006). *Bases para el modelo de gestión logística colaborativa para integración de cadenas de suministro en Lujos Arani*. Trabajo de grado, Universidad Autónoma de Colombia, Bogotá.
- POPE, M. (2006). *The Development of Collaborative Logistics in Europe*. Dublin: NITL Conference. Recuperado el 5 de agosto de 2006, de www.nitl.ie/LogisticsIreland05/MPOPEnitl%20conference%202005.ppt
- QUIROGA, O., & GARCÍA, S. (2006). *Mejoramiento de procesos administrativos en UNIMAQ S.A.* Universidad Autónoma de Colombia, Bogotá.
- RIAÑO, G. (24 de enero de 2003). *Curso de Sistemas de Producción y Logística. Notas de clase 24 de enero de 2003*. Bogotá: Universidad de Los Andes.
- RUGELES, J., & GARCÍA, F. (2005). *Mejoramiento en la cadena de valor para el proceso de despachos en la compañía Festo Ltda.* Monografía de grado, Universidad Autónoma de Colombia, Bogotá.
- SELEN, W., & VAN MULKEN, L. (2002). *Business Process Flow Analysis as a Tool for Improving Repair Loop Logistics*. *Production and Inventory Management Journal*.
- TIBASOSA, K. (2005). *Monografía de grado en Logística y Administración de la Cadena de Abastecimiento*. Monografía de grado, Universidad Autónoma de Colombia, Bogotá.



LA PEDAGOGÍA DE PROYECTOS EN EL PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA FUAC

Néstor Gutiérrez

Ingeniero Mecánico, Msc en Ciencias Técnicas, Msc en Ingeniería, FUAC. nesergio@gmail.com

Recibido: 23-05-2010, aceptado: 05-06-2010, versión final: 05-06-2010

RESUMEN

El presente artículo tiene como propósito, presentar a la comunidad académica las experiencias de la implementación del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), como documentación y testimonio de su significativo valor pedagógico, en el proceso de Enseñanza y Aprendizaje de los cursos del programa de Ingeniería Electromecánica. Se hace referencia a los modelos pedagógicos que por la pertinencia de sus estrategias metodológicas y didácticas en la educación superior contemporánea, han originado la aparición de corrientes revolucionarias como la Pedagogía Problémica y la Pedagogía de proyectos o Aprendizaje Basado en Proyectos, que por su carácter vanguardista fueron adoptadas hace 10 años, por el equipo académico del naciente programa de Ingeniería Electromecánica. Adicionalmente se plasman algunas experiencias de su implementación, de su excelente legado como método de aprehensión de conocimientos, de formación integral de sus estudiantes, con resultados sobresalientes en la proyección social del programa y algunos buenos logros en la investigación formativa y la investigación propiamente dicha.

Palabras clave: Modelos Pedagógicos, Estrategias Pedagógicas, Pedagogía de la Acción, Pedagogía Problémica, Pedagogía de Proyectos, Aprendizaje Basado en Proyectos.

ABSTRACT

This article aims to present to the academic community the experiences of implementing the Project Based Learning (PBL), as documentation and testimony to his significant pedagogical value in the process of teaching and learning of the engineering program courses Electromechanics. Reference is made to the pedagogical models that the relevance of its teaching methodology and strategies in contemporary higher education, have resulted in the emergence of revolutionary currents as Problem Pedagogy and Pedagogy Project or Project Based Learning, which by its avant-garde were adopted 10 years ago, the nascent academic team Electromechanical Engineering program. Additionally, some experiences are reflected in its implementation, its great legacy as a method of apprehending knowledge, comprehensive training of its students, with outstanding results in social outreach program and some good achievements in the studies and the investigation itself.

Keywords: Pedagogical Models, Methodology Strategies, Active Pedagogy, Problems Based Learning, Project Based Learning.