

# Modelo para controlar la incertidumbre en logística inversa

Bustos Flores, Carlos Enrique<sup>1</sup>

Recibido: 10/06/2013

Revisado: 26/06/2013

Aceptado: 07/11/2013

## Resumen >>

Vivimos tiempos de incertidumbre en todos los campos de las ciencias administrativas, por tanto, la producción y más concretamente la logística hacia adelante o inversa no escapa a esta realidad. El objetivo de este trabajo es investigar el problema de la incertidumbre en una organización al implementar un programa de la logística inversa en cuanto a la calidad y cantidad de los productos devueltos. El problema se analiza concretamente en las fases iniciales de la logística inversa: recogida, inspección, clasificación y desensamblado de los productos retornados. Para tratar este problema se conjugaron varias herramientas: la teoría de las restricciones, el sistema de información de la empresa (MIS, por sus siglas en inglés), la administración de las relaciones con los clientes (CRM, por sus siglas en inglés), el internet y la intranet. Se observa una mayor incidencia de los modelos cualitativos en la solución del problema. En la última parte del estudio se presenta el método heurístico utilizado aplicado a un ejemplo ilustrativo. La principal conclusión es que el problema de la incertidumbre en logística inversa debe ser abordado integralmente porque al utilizar un solo método de solución, cuantitativo o cualitativo, se corre el riesgo de suboptimizar las posibles soluciones al problema.

**Palabras clave:** Incertidumbre, logística inversa, teoría de las restricciones, sistema de información, gestión de las relaciones con los clientes.

## Abstract >>

### MODEL UNCERTAINTY TO CONTROL REVERSE LOGISTICS

*We live in times of uncertainty in all areas of management science, therefore, production and more specifically the forward or reverse logistics is no exception to this reality. The aim of this work is to investigate the problem of uncertainty in an organization to implement a reverse logistics program in terms of quality and quantity of returned products. The problem is discussed specifically in the initial upstream or reverse logistics: collecting, inspecting, sorting and disassembly of returned products. To address this problem we have combined several tools: the theory of constraints, the system of management information system (MIS), the customer relationships management (CRM), the internet and intranet. There is a higher incidence of qualitative models in solving the problem. The last part of the paper presents the heuristic method used, applied to an illustrative example. The main conclusion is that the problem of uncertainty in reverse logistics must be addressed integrally because using a single solution method, quantitative or qualitative, there is a risk of not optimize possible solutions to the problem.*

**Key words:** Uncertainty, reverse logistics, theory of constraints, information system, customer relationships management.

1 Profesor a dedicación exclusiva de la Universidad de Los Andes (ULA) en las asignaturas Administración de la Producción y Operaciones I y II. Jefe de la Cátedra de Operaciones y Métodos Cuantitativos en el Departamento de Ciencias Administrativas. Doctor en Economía de la Empresa por la Universidad de La Laguna (ULL) en Tenerife-España. Email: carlosbu@ula.ve

## 1. Introducción

La logística inversa es una técnica de reciente data que ayuda a las organizaciones a disminuir su carga ambiental tratando de crear conciencia ambiental a nivel de los productores y consumidores. Por otro lado, la incertidumbre es una de las variables que restringe el avance de una empresa para lograr sus objetivos, en nuestro caso, trata de impedir la implantación de un programa de logística inversa para productos devueltos. Empero desde la perspectiva de la administración científica han surgido herramientas novedosas dirigidas a mitigar este problema en las organizaciones, cuantitativas y cualitativas. Entre estas herramientas podemos señalar la teoría de las restricciones con su tambor, cuerda y amortiguador, y su tratamiento sobre los cuellos de botella; la gestión que pueden hacer las empresas para mejorar su relación con los clientes; el sistema de información y empresarial; y el internet y la intranet como artilugios de vanguardia sin precedentes. El trabajo ha sido estructurado de la siguiente manera: En los apartados 2, 3, 4, 5, y 6 se realiza una revisión de la literatura en los temas de la logística inversa, la incertidumbre en logística inversa, la teoría de las restricciones, el sistema de información gerencial y la administración de las relaciones con el cliente, respectivamente. La sección 7 muestra un ejemplo ilustrativo de un proceso de producción donde se explica la solución hallada a la incertidumbre presente en un programa de logística inversa. En la sección 8 se muestran las consideraciones finales.

## 2. Logística inversa

Para Bustos-Flores (2011:64) la logística inversa es “la gestión del flujo de productos y materiales para ser sometidos a los procesos de reprocesamiento, reciclado, reutilización, restauración, reparación o canibalización, mediante las actividades de recogida, acondicionamiento y desensamblado; gestionado simultáneamente las relaciones entre proveedores, productores, distribuidores y consumidores así como la información generada por todos los procesos y actividades mencionados”. La logística inversa debe ser vista como una ventaja competitiva y no como un sistema que solamente genera

costos adicionales (Daugherty et al., 2005). Según Autry (2005) la logística inversa no es opcional sino obligatoria para las empresas exitosas. A pesar de esto, muy pocas empresas han implementado políticas para tratar los materiales que fluyen de atrás hacia adelante en la cadena de suministro. Los gerentes deben comprender y ser eficaces manejando la logística inversa porque puede traer beneficios económicos y estratégicos para la empresa, se está hablando de reutilizar y recuperar materiales, el círculo completo de un producto (Blanco, 2010). Para Lu y Bostel (2007) aunque la logística inversa se ha puesto en práctica durante algunos años, es hasta ahora que se ha integrado realmente a la dirección y organización de los sistemas de logística de las empresas y, por consiguiente, hay una necesidad palpable de investigación en esta área. La importancia de la logística inversa ha aumentado debido principalmente a las preocupaciones ambientales, el servicio al cliente y la reducción del costo (Alshamrani et al., 2007). Las empresas tendrán que aprender a gestionar el paso de un producto totalmente nuevo a un producto remanufacturado, reciclado, etc., lo cual, requerirá encontrar modos de recuperar rentablemente productos hallados en las casas, departamentos, oficinas, para devolverlos al proceso productivo. Se cambia radicalmente la relación empresa-cliente; en el caso de la logística inversa los clientes desempeñan un doble papel, como compradores de los productos y proveedores de insumos (Unruh, 2008). Algunos países obligan por su legislación a la recogida de productos y materiales, como por ejemplo: el material de empaquetado en Alemania, artículos de línea blanca y marrón en los Países bajos (Fleischmann et al., 2000), artículos del hogar fuera de uso y ordenadores en Taiwán (Shih, 2001), entre otros. González (citado por Fernández et al., 2006: 118) señala que la recogida implica recolección selectiva, es decir, sin mezclar las diferentes partes en las que se han separado los residuos con el fin de recuperar parcial o totalmente su valor. La inspección incluye un determinado número de operaciones con el fin de evaluar el estado en que se halla el producto o material devuelto (Fernández, 2005; Fleischmann et al., 2000). La clasificación se llevará a cabo de acuerdo a los resultados de la fase anterior (la inspección) y consiste en agrupar los productos y materiales en función, esencialmente, de la forma de procesamiento o de descarte a que serán sometidos posteriormente (Fernández, 2005). González

(citado por Fernández et al., 2006: 118) apunta que el desensamblado consiste en separar un producto en sus partes constituyentes o componentes. El producto puede ser desensamblado parcial o completamente. El desensamblado es una característica específica de los escenarios de productos recuperados y abre la puerta, al igual que la clasificación, a formas de procesamiento y descarte de los componentes de los productos.

### 3. Incertidumbre en la logística inversa

La principal dimensión de la logística inversa es la incertidumbre<sup>2</sup> referida a dos problemas básicos: Tiempo (cuándo), cantidad (cuántos), diversidad (de qué clase), calidad (condiciones) de productos y materiales retornados; Recogida y transporte, inspección, clasificación y desensamblado de productos y materiales retornados. La incertidumbre en cuanto a cantidad, calidad y tiempos en la logística hacia atrás hace bastante complicada su incorporación en la planificación de la producción e inventarios<sup>3</sup> convencional. Algunas empresas han tratado de influir en la cantidad de productos y materiales retornados mediante campañas de compras y otros incentivos económicos dirigidas a los poseedores de los productos. Una aplicación de este método se observa en los trabajos de Klausner y Hendrickson (2000) y Wojanowski et al. (2007). El problema de la varianza en la tasa del material recuperado junto a la dependencia externa de materiales y componentes hace de la remanufactura un proceso con un alto grado de incertidumbre. Como resultado, los gerentes deben utilizar los inventarios de seguridad en combinación con otra medida, como por ejemplo, la disminución de los tiempos de entrega de los productos a los clientes. El desequilibrio entre aprovisionamiento y demanda donde las empresas se ven imposibilitadas de rechazar la redundancia de ciertos componentes, va ligada a la oportunidad de obtener otros componentes necesarios para satisfacer una demanda

2 La incertidumbre influye directamente en el rendimiento de la cadena de suministro y la logística inversa tiene más incertidumbre que la logística hacia adelante (Wang, 2011).

3 Las empresas mantienen inventarios de: mercancías, materiales y suministros, productos en proceso y productos terminados (Bustos-Flores y Chacón-Parra, 2012).

o requerimiento. Ambos grupos de componentes pueden ser obtenidos en forma simultánea a partir del desensamblado de un producto devuelto. La alternativa de recuperación más apropiada para un artículo devuelto no puede ser planificada con anterioridad porque la calidad que presentará el artículo sólo se conocerá después de las operaciones de desensamblado, inspección y verificación, lo que dificulta en extremo las operaciones subsiguientes (Fernández, 2005). García-Rodríguez, F.J., et al., (2012) analizaron la adquisición de insumos mediante un programa de logística inversa para el caso de los productores artesanales en cinco municipios del estado Mérida, en un país subdesarrollado como lo es Venezuela. Los resultados revelaron la incidencia que tiene la variable incertidumbre sobre la aceptación o preferencia para adquirir insumos mediante la logística inversa por parte de los artesanos.

#### 4. Teoría de las Restricciones

Un programa para las tareas de fabricación, considerando las restricciones en las instalaciones, los equipos, el talento humano y los materiales y suministros que pueden influir en la capacidad del sistema, fue introducido en la segunda mitad del siglo pasado y fue bautizado como tecnología para optimizar la producción (OPT, por sus siglas en inglés). Posteriormente su creador, Elí Goldratt, completó y perfeccionó sus ideas en lo que actualmente se conoce como teoría de las restricciones (TOC, por sus siglas en inglés) (Fernández et al., 2006). La TOC contempla que la eficacia de cualquier sistema (organización) está limitado por al menos una restricción que debe ser manejada metódicamente para apoyar el mejoramiento continuo de la organización (Hansen y Mowen, 2003). Para Gupta y Boyd (2008) la TOC ofrece un nuevo paradigma en gestión de operaciones, que sustituye la preocupación por la eficiencia en el proceso versus el logro de la meta de la organización como la principal preocupación en la gestión de operaciones. La teoría de las restricciones (TOC) puede ser definida como “el conjunto de conocimientos que se ocupa de cualquier cosa que limite la capacidad de una organización para alcanzar sus objetivos. Las restricciones pueden ser físicas (como la disponibilidad de proceso o de personal, las materias primas o los

suministros) o inmateriales (como procedimientos, moral y formación)” (Heizer y Render, 2008: 223-224).

La producción sincronizada o teoría de las restricciones (OPT/TOC) especifica que todo el proceso productivo trabaje junto, en consonancia, para alcanzar los objetivos de la organización. Tradicionalmente las empresas han tratado de equilibrar la capacidad a lo largo de una secuencia de procesos, intentando igualar la capacidad y la demanda del mercado. Desde el punto de vista de la OPT/TOC, equilibrar las capacidades es una decisión errónea porque aumenta el trabajo en proceso o el inventario, por tanto, se debe equilibrar el flujo del producto por el sistema y no las capacidades (Cheng, 2002; Chase et al., 2000). Los elementos básicos del enfoque utilizado en la OPT/TOC son (Goldratt, 1994, citado por Fernández et al., 2006: 413; Chase et al., 2000; Nave, 2002; Hansen y Mowen, 2003; Rahman, 2002; Heizer y Render, 2008; Gupta y Boyd, 2008; Kohli et al., 2009):

- Identificar las restricciones del sistema. Se debe determinar cuál es la limitación más importante o el nexo más débil para poder mejorar los resultados.
- Decidir cómo se deben aprovechar las restricciones del sistema. Explotar las restricciones tan efectivas como sea posible.
- Subordinar todo lo demás a esa decisión. A pesar de que se pueda disminuir la eficiencia de los recursos no limitados, se debe alinear cada una de las partes del sistema para apoyar las restricciones.
- Superar las restricciones del sistema. Si es necesario, se debe adquirir mayor cantidad de un recurso para que deje de ser una restricción.
- Si en los pasos anteriores se han eliminado las restricciones, retornar al paso 1, pero sin permitir que la inercia se transforme en la restricción del sistema.

Un cuello de botella se puede definir como cualquier recurso cuya capacidad sea menor que la demanda que se le aplica, por lo tanto, limita la capacidad global (rendimiento total) y puede ser una máquina, el talento humano o una herramienta especial. Existen centros de trabajo cuello de botella en un sinnúmero de procesos de pro-

ducción desde hospitales y restaurantes hasta fábricas (Heizer y Render, 2008). Un recurso no cuello de botella es aquel cuya capacidad es mayor que la demanda, puede producir más de lo que necesita y tiene tiempo de inactividad. Un recurso restringido por la capacidad es aquel cuya utilización es cercana a la capacidad y debe ser programado cuidadosamente a fin de que no se convierta en cuello de botella (Chase et al., 2000). Un sistema productivo requiere alguno o algunos puntos de control para el flujo del producto por el sistema y el mejor lugar para un punto de control es un cuello de botella. La razón para utilizar un cuello de botella como punto de control es asegurar que las operaciones anteriores no produzcan más de lo que puede manejar el cuello de botella, porque entonces se acumulará inventario de trabajo en proceso. A esta clase de punto de control se le llama tambor porque marca el ritmo para la operación que dirige el sistema. A falta de un cuello de botella, el mejor lugar para colocar un tambor es recurso restringido de capacidad, y si no hay cuellos de botella ni recursos restringidos de capacidad se puede colocar el punto de control en cualquier lugar; se recomienda un punto, como una bifurcación donde las salidas del recurso se usen en varias operaciones posteriores (Chase et al., 2000; Hansen y Mowen, 2003). La investigación de Kohli et al. (2009) describe la aplicación de los cinco pasos de la teoría de las restricciones (OPT/TOC) en el contexto de los procedimientos de reclutamiento del ejército norteamericano. El principal obstáculo fue identificado como el número de citas que se llevan a cabo por los reclutadores. Una de las principales recomendaciones consiste en que los reclutadores sólo deben hacer citas con los posibles reclutas sobre el contacto inicial, el seguimiento para ayudar a garantizar que asistan a la cita, e ir al hogar o la escuela para llevar a cabo el nombramiento, si posible. La investigación de Wang (2011) trata sobre la optimización de la logística inversa para el manejo de la incertidumbre cuando se subcontrata a terceros para la administración de la logística en el servicio postal en Nueva Zelanda. En concreto el trabajo evaluó la implementación de diversos métodos de optimización, entre ellos la teoría de las restricciones (OPT/TOC), para la devolución de las estampillas por parte de los usuarios del servicio postal. La teoría de las restricciones (OPT/TOC) es una de las soluciones en la fabricación, la logística, las operaciones y la optimización de la cadena de suministro. Los resultados arrojaron

que la teoría de las restricciones (OPT/TOC) produce una mejora continua y que conjuntamente con los sistemas de información, coadyuvan a manejar adecuadamente la incertidumbre presente en la logística inversa. La investigación de Umble et al. (2006) presenta un estudio de caso de una aplicación de la teoría de las restricciones (OPT/TOC) en una empresa de fabricación de utillaje japonés. La implementación genera mejoras significativas en el inventario de trabajos en proceso, el tiempo de entrega de la producción, la capacidad productiva, rotación de inventarios, calidad del producto, volumen de ventas y la rentabilidad. Por otra parte, la administración ha ampliado la OPT/TOC a las funciones no manufactureras y se está convirtiendo en una herramienta que une la diversidad cultural de las plantas japonesas.

## 5. Sistema de información gerencial

La coordinación entre las actividades requiere de un Sistema de Información Gerencial (MIS, por sus siglas en inglés) para facilitar los flujos de información a lo largo de la cadena de valor. El flujo de información tiene que ver con el procesamiento de la información que ocurre intra e inter empresa, con la finalidad de realizar una coordinación exitosa de todas las actividades involucradas en la logística inversa. El flujo de información es tan relevante durante la ejecución de una tarea que, “mientras más grande sea la incertidumbre sobre la tarea, más grande será la cantidad de información que deberá ser procesada...” (Galbraith, 1977: 4). El MIS no necesariamente debe estar informatizado, pero, el ordenador podría ejercer un papel muy significativo (Luthans, 1980). El MIS es un sistema sustentado en un equipo computacional cuyo propósito es suministrar información y dar apoyo a los administradores para una toma de decisiones efectiva (Daft y Marcic, 2006). Adicionalmente, el MIS facilita la estabilidad de los canales de ventas, la fidelidad y satisfacción consumidor, la flexibilidad (personalización) en las ofertas, apertura de nuevos puntos de venta, etc., (Álvarez, 2005). Las empresas actuales se mantienen competitivas gracias a los MIS de la cadena de suministro que incluyen la planificación de los requerimientos, la toma de decisiones, el proceso administrativo y la inte-

gración con los otros participantes de la cadena de suministro, es decir, son la columna vertebral de las operaciones logísticas modernas (Bowerson et al., 2007). Kokkinaki et al. (2000) en su estudio sobre la relación entre el comercio electrónico (e-commerce, en inglés) y la logística inversa, plantean algunos aspectos de esta relación como son: la comercialización para productos usados, partes o materiales; las compras de productos usados, partes o materiales a través de los proveedores / clientes; las ventas mediante el seguimiento de las órdenes de compra y la fijación de precios; y el servicio post venta mediante el seguimiento del producto y la supervisión y apoyo al cliente. Los autores examinan tres modelos cualitativos, a saber: en el primer modelo, el comercio electrónico (internet) es utilizado para productos, partes o materiales nuevos y usados; en el segundo modelo, existe un lugar en la web para partes usadas o productos remanufacturados; y el tercer modelo, comprende además, la recolección, selección, reuso y redistribución. Los autores concluyen que la logística inversa en general y especialmente las partes refabricadas y el reuso de artículos constituyen un importante estímulo. Daugherty et al. (2005) desarrollaron un modelo cualitativo de decisiones gerenciales en el sector del mercado secundario de automóviles que estudia el impacto de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) sobre la relación cliente/ proveedor – fabricante en logística inversa. Los investigadores subrayan la importancia de la comunicación e información en las fases de recolección, clasificación, selección, transporte, remanufactura o restauración y encontraron una relación significativa entre la capacidad de información y los recursos asignados, el rendimiento económico y la calidad del servicio. Otras investigaciones destacan la importancia de los flujos de información y del MIS en las organizaciones a lo largo de la cadena de abastecimiento en la logística inversa (Liste y Dekker, 2005; Chouinard et al., 2005; Fernández y Kekäle, 2005; Horvath et al., 2005; Krumwiede y Sheu, 2002; Guide, 2000; González y González, 2001; De La Fuente et al., 2007; Bañegil y Rubio, 2005).

## 6. Administración de las relaciones con el cliente

La administración de las relaciones con el cliente (CRM, por sus siglas en inglés) es un sistema automatizado de información sobre clientes, donde el cliente es el centro de todas las actividades que desarrolla la organización. Este sistema nos ayuda a través de los canales de interacción: fuerza de ventas, canal de distribución, internet y el centro de contacto del cliente, a gestionar las relaciones con los clientes para alcanzar y sostener una relación rentable y de largo plazo (Qualitas Hispania, 2002). Para Zablah et al. (2004) el CRM es “un proceso continuo que implica el desarrollo y el aprovechamiento de la inteligencia de mercado para el propósito de construir y mantener una maximización de los beneficios en las relaciones con la cartera de clientes”. En sus investigaciones Chen y Popovich (2003) y Feiz et al. (2011) afirman que el CRM es una combinación de gente, procesos y tecnología que busca comprender a los clientes de una empresa. Todos los empleados deben entender el propósito y los cambios que traerá la implantación del CRM, igualmente la directiva de la organización se comprometen a participar y dar apoyo a esta iniciativa mediante la educación (programas de formación y capacitación de los empleados). La tecnología y las innovaciones en la red, aplicaciones cliente / servidor de computación e inteligencia de negocios son elementos principales en el desarrollo de CRM. Entre las principales infraestructuras de CRM tenemos los almacenes de datos y la planificación de recursos empresariales (ERP, por sus siglas en inglés). El sistema ERP puede incluir a su vez un sistema de planificación de requerimientos de materiales (MRP<sup>4</sup>, por sus siglas en inglés). El trabajo de Kennedy (2006) plantea que la administración electrónica de las relaciones con clientes (e-CRM) es una moneda de doble cara, es decir, presenta por un lado oportunidades como las interacciones con los clientes y las relaciones mejoradas, así como opciones de personalización, todos los cuales son fuentes potenciales de ventaja competitiva. Por otro lado, presenta desafíos para las empresas que consideran su adopción e implementación tales como la gestión de un canal en línea, integración de datos y cues-

4 El sistema MRP “consiste en la planificación de las necesidades netas de los componentes que conforman un artículo determinado” (Bustos-Flores y Chacón-Parra, 2007: 5).

tiones de tecnología de la información (IT, por sus siglas en inglés). Al tener el e-CRM el potencial de alterar los procesos de negocios de manera significativa, son necesarios enfoques interdisciplinarios que analicen el impacto de las innovaciones tecnológicas en la comercialización. La investigación de Yazdanpanah y Gazorb (2012) tuvo como objetivo describir y explicar los factores que afectan el éxito de un sistema e-CRM aplicado a los centros de policía iraníes de contacto telefónico. Los resultados apuntan a la existencia de un relación entre la implantación de un sistema e-CRM y el éxito institucional que se manifiesta en un aumento de la eficiencia, satisfacción del personal y, finalmente, la satisfacción del cliente. También se ha demostrado que la expansión de servicios para incluir para incluir a otros, tales como el suministro de asesoramiento a través del teléfono y la colocación de información precisa y pertinente en el sitio web, debe ser considerado como parte de un sistema e-CRM. El trabajo de Loh et al. (2011) explica que el sistema CRM es muy común en las grandes empresas, sin embargo, la mayoría de las pequeñas y medianas empresas (PYME) no implementan CRM debido a varias razones, como la falta de conocimiento sobre CRM o falta de recursos o experiencia para implementar el sistema CRM. Las PYME tienen que empezar a implementar MIS y tecnología en sus operaciones comerciales con el fin de mejorar sus negocios y obtener una ventaja competitiva sobre sus rivales. El sistema CRM tiene el potencial de ayudar a mejorar el valor empresarial y la capacidad competitiva de las PYME. Existe una tendencia creciente de la adopción de e-CRM mediante el uso de la tecnología, como computadoras, internet o móvil.

## 7. Ejemplo ilustrativo

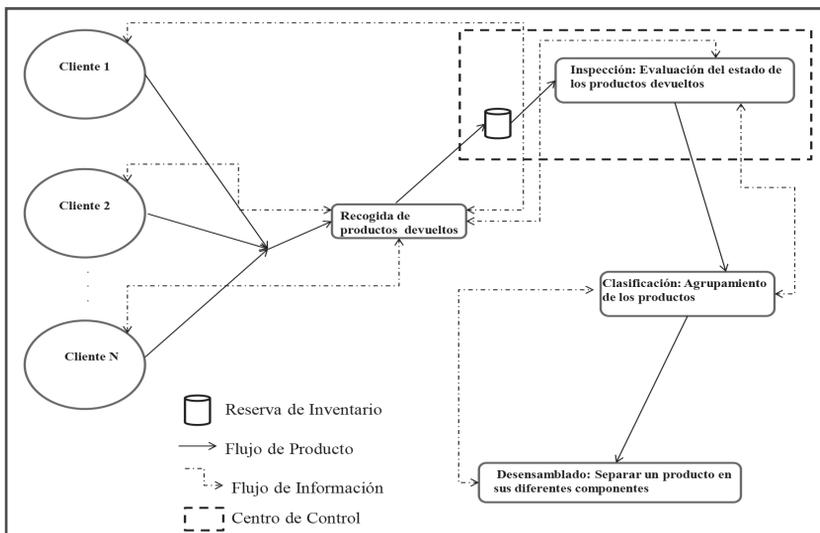
Una empresa que fabrica y comercializa lámparas para el hogar y la oficina intenta aplicar un programa de logística inversa para recuperar las lámparas que están al final de su vida útil (fuera de uso). El proceso de producción se corresponde con una fábrica donde las partes y componentes son comunes para varios productos y se realizan los ensambles a partir de las piezas y componentes almacenados, el tamaño de los lotes es muy grande y hay gran can-

tividad de inventarios de productos en proceso (Chase et al., 2000; Lockamy, 2008; Danielli, 2010). Primeramente, debemos identificar la restricción del sistema que es la limitación más importante o el nexo más débil. En este caso la incertidumbre presente en un programa de logística inversa es la restricción del sistema. Atacaremos la incertidumbre a nivel de las operaciones iniciales de la logística inversa para la fabricación de lámparas, es decir, en la recogida, inspección, clasificación y desensamblado de los productos devueltos (ver Gráfico N° 1). Es sabido que siempre las empresas han tratado de equilibrar la capacidad con la demanda, pero de acuerdo con la teoría de las restricciones (OPT/TOC) esta es una decisión equivocada porque aumenta el inventario o el trabajo en proceso, por tanto, se debe equilibrar el flujo de los productos y no las capacidades. El segundo paso en la solución de nuestro problema es identificar el o los cuellos de botella, en nuestro caso hemos tomado el segundo proceso, el estado de los productos devueltos, es decir, la inspección, como el cuello de botella (tambor), porque es allí donde se observa en forma palpable la incertidumbre que se genera a lo largo de todo el proceso de logística inversa. Para mantener un inventario suficiente que asegure el trabajo en esta operación, colocamos un regulador (amortiguador) previo a la operación cuello de botella, un inventario de reserva. Adicionalmente informamos (cuerda) a la operación conocida como clasificación de los productos devueltos de la cantidad de productos que la operación de inspección tiene listos para ser procesados (clasificados). Se pueden reducir los inventarios de productos en proceso si se equilibra el flujo de trabajo hacia el proceso y se permite que el cuello de botella marque el ritmo de producción. Al restringir los tamaños de los lotes que se procesan en las operaciones o centros de trabajo que no son cuello de botella, disminuyen los inventarios de productos en proceso, los tamaños de lotes pequeños mantienen el nivel y equilibrio del flujo de materiales. Por otra parte, al ampliarse el tamaño de los lotes que tienen que procesarse en los centro cuello de botella el rendimiento pudiera aumentarse. Los centros de trabajo que no son cuello de botella tendrán algún tiempo de inactividad lo que permite que los trabajadores se ocupen también de otras actividades o tareas como el mantenimiento de sus equipos, control de calidad, seguridad e higiene, etc. Como tercer paso tenemos que las operaciones cuello de botella deben contar con

un inventario de reserva para proteger al cuello de botella de cualquier perturbación. Las cantidades de estos inventarios de reserva cambian constantemente. En el centro de trabajo (centro de control, ver Gráfico N° 1) para la inspección de productos devueltos debe funcionar simultáneamente el cuello de botella (tambor), el inventario de reserva (amortiguador), el medio de comunicación (cuerda) y el centro de información y comunicación de la empresa. Este centro de información y comunicación debe estar al alcance de los trabajadores y directivos de la empresa, así como, de los clientes, proveedores y público en general interesado en mantener relaciones comerciales con la compañía. Para lograr esto se precisa de dos herramientas fundamentales: un MIS y una gestión de las relaciones con los clientes (CRM, por sus siglas en inglés). Para la implementación definitiva de la solución propuesta se precisa del internet y la intranet.

Gráfico N° 1. &gt;&gt;&gt;

### Solución a la incertidumbre en logística inversa para la fabricación de lámparas.



Fuente: Elaboración propia (2013).

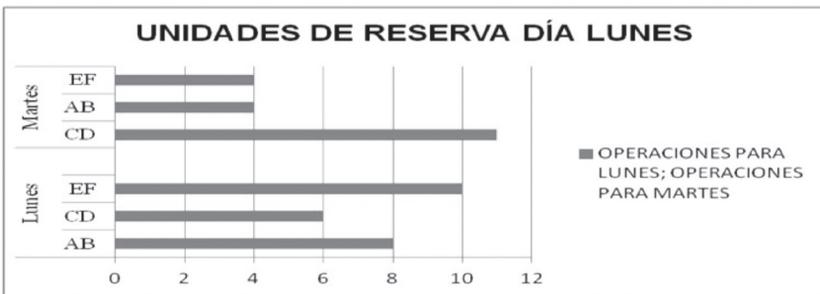
El Gráfico N° 2 muestra diferentes modelos de lámpara en logística inversa que ensambla la fábrica cada día, el tiempo de ciclo de producción, el número de unidades de cada modelo que retornan

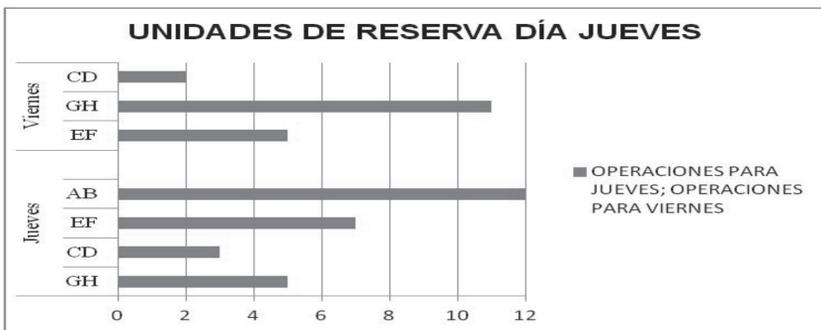
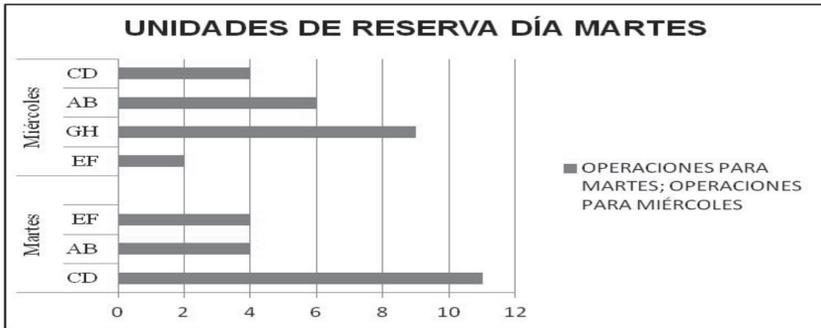
para aplicarles logística inversa y el tiempo total requerido por modelo en la inspección y por día. También se observa el contenido del inventario de reserva que debe colocarse antes de la inspección (cuello de botella). La cantidad de reserva para el día lunes está compuesta por las operaciones planeadas para ese día y las del martes, la reserva para el día martes debe incluir las operaciones planeadas para el martes y las del miércoles, etc.

Gráfico N° 2. >>>

Unidades de reserva en el cuello de botella: proceso de inspección.

CANTIDAD DE UNIDADES DE RESERVA EN EL CUELLO DE BOTELLA					
Día	Modelo de Lámpara	Unidades	Tiempo de Ciclo de Producción (Horas)	Tiempo Total Requerido por Modelo (Horas)	Tiempo Total Requerido por Día (Horas)
Lunes	AB	8	0,14	1,12	7,9
	CD	6	0,53	3,18	
	EF	10	0,36	3,60	
Martes	CD	11	0,53	5,83	7,8
	AB	4	0,14	0,56	
	EF	4	0,36	1,44	
Miércoles	EF	2	0,36	0,72	7,6
	GH	9	0,44	3,96	
	AB	6	0,14	0,84	
	CD	4	0,53	2,12	
Jueves	GH	5	0,44	2,20	8,0
	CD	3	0,53	1,59	
	EF	7	0,36	2,52	
	AB	12	0,14	1,68	
Viernes	EF	5	0,36	1,80	7,7
	GH	11	0,44	4,84	
	CD	2	0,53	1,06	





Fuente. Elaboración propia (2013).

El MIS debe planificar y coordinar todas las actividades de una organización, desde la evaluación de los proveedores hasta la facturación a los clientes. Uno de los MIS más conocidos, el sistema de planificación de los recursos de la empresa (ERP, por sus siglas en inglés), permite a las empresas automatizar e integrar sus procesos

de negocios, compartir una base de datos en toda la empresa y producir información en tiempo real (Heizer y Render, 2008). El MIS debe estar alineado con el sistema de gestión de las relaciones con los clientes (CRM) para que haya un seguimiento desde antes que el potencial cliente pueda realizar una compra, a lo largo de toda la vida útil del producto (la lámpara) y hasta que el cliente decida sustituirla por otra. Se debe darle la garantía respectiva por la lámpara que adquirió y tratar de convencerlo para que una vez decida no usarla más y sustituirla, la entregue a cambio de algún incentivo, preferiblemente económico, y así poder aplicarle logística inversa. A continuación se crea un archivo para el mantenimiento de personas (clientes) perteneciente al sistema CRM donde se tienen todos los datos de una empresa que ha estado interesada en la adquisición de todas las lámparas para sus instalaciones. Existen en el mercado algunos programas informáticos que tienen integrado el sistema CRM al sistema ERP. Para realizar todas estas gestiones con los clientes de lámparas se precisa de una herramienta muy versátil y de reciente aparición, el internet. El internet “es una colección global de redes de computadoras vinculadas entre sí para el intercambio de datos y de información. El World Wide Web (WWW) es una colección de servidores centrales que permiten tener acceso a información del internet”. (Daft y Marcic, 2006: 214). Las ventajas para usar internet son obvias aunque la identificación de las personas que interactúan puede traer algunos problemas porque es un medio bastante impersonal, además de la cobertura aún restringida (Díaz, 2012) para algunos sitios geográficos. A raíz del internet ha surgido la intranet, cuya facilidad de uso y acceso permite la obtención de información confiable a nivel interno de la empresa fabricante de lámparas. La intranet “es un sistema de comunicaciones internas que emplea la tecnología y los estándares de internet pero cuyo acceso está restringido únicamente a las personas que están dentro de la compañía” (Daft y Marcic, 2006: 214). El desarrollo de la intranet a los procesos mejora la interacción entre dependencias y personas separadas a poca distancia o a cientos de kilómetros, permitiendo a sus empleados en los distintos departamentos, sucursales o agencias realizar gestiones en forma más efectiva (Cascante y Fonseca, 2006). A través de su sitio Web, la empresa fabricante de lámparas pone a disposición de los clientes y público en general información

relevante de sus productos y servicios ofrecidos para la venta, a su vez, los clientes pueden poner sus pedidos, hacerle seguimiento a los mismos, realizar cambios, etc. Últimamente han surgido las redes sociales las cuales se pueden definir como “una herramienta de democratización de la información que transforma a las personas en receptores y en productores de contenidos o como un sitio en la red cuya finalidad es permitir a los usuarios relacionarse, comunicarse, compartir contenido y crear comunidades” (Ontsi, 2011: 12). Entre las redes sociales más usadas por esta fábrica encontramos: facebook, youtube y twitter.

## 8. Conclusión

Este estudio contribuye a ampliar la literatura sobre la logística inversa, proporcionando un análisis en torno a la incertidumbre que se presenta en la cantidad y calidad de las devoluciones de los productos. Específicamente se tomaron las operaciones de recogida (no se consideró la operación de transporte), inspección, clasificación y desensamblado para el estudio. Para lograr resolver este problema primeramente se recurrió a la revisión bibliográfica y se definió la incertidumbre como la restricción del sistema, posteriormente se especificó como cuello de botella la operación de inspección. A continuación se utilizaron una serie de herramientas de vanguardia como son: la teoría de las restricciones, el Sistema de Información Gerencial y el Sistema de Administración de las Relaciones con los Clientes, todo en un ambiente basado en el internet y la intranet. Un ejemplo ilustrativo fue analizado en detalle en cuanto al tema estudiado. Una primera aproximación a la solución arrojó como resultado que se debe tener localizado cerca del cuello de botella un inventario de reserva suficiente para poder mantener en funcionamiento todo el proceso y evitar la paralización. Aunque esto es necesario no es suficiente para combatir la incertidumbre presente en un programa de logística inversa, por tanto, se reforzó la solución inicial con un MIS y un CRM, de tal manera de asegurar el cabal funcionamiento del programa de logística inversa. La integración de las dos perspectivas habituales en la resolución de problemas, cualitativa y cuantitativa, mejoran sustancialmente las posibilidades de

encontrar una solución satisfactoria y sostenible. En definitiva, este trabajo contribuye a la planificación en la gestión de la producción de un programa de logística inversa.

## 9. Referencias >>

- Alshamrani, A., Mathur, K. y Ballou, R. (2007). Reverse logistics: simultaneous design of delivery routes and returns strategies. *Computers & Operations Research* 34, pp. 595–619.
- Álvarez, J. (2005). *Valoración de activos intangibles: El Sistema de Información Empresarial*. Doctorado en Finanzas y Empresa, UCM y UAM, DT 0503. (Documento on line). Consulta noviembre 2012, desde: <http://es.scribd.com/doc/107168056/Valoracion-de-activos-intangibles-el-sistema-de-informacion>
- Autry, Ch. (2005). Formalization of reverse logistics programs: A strategy for managing liberalized returns. *Industrial Marketing Management* 34, pp. 749– 757.
- Bañegil, T. y Rubio, S. (2005). Sistemas de logística inversa en la empresa. *Dirección y organización: Revista de dirección, organización y administración de empresas*, 31.
- Blanco, E. (2010). Las organizaciones están empezando a escuchar ideas innovadoras en sus cadenas de suministro, y eso es consecuencia de mirar a través de la lente de la sostenibilidad. *Harvard Deusto Business Review*. Octubre 2010, 194, pp. 4-9.
- Bowerson, D., Closs, D. y Cooper, M. (2007). *Administración y logística en la cadena de suministros*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Bustos-Flores, C. (2011). *Gestión de Insumos mediante Logística Inversa en el sector artesanal*. Alemania: Editorial Académica Española. ISBN: 978-3-8443-4359-5.
- Bustos-Flores, C. y Chacón-Parra, G. (2012). Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente. Un estudio en Venezuela. *Revista Contaduría y Administración*, Vol. 57, 3, pp. 239-258. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bustos-Flores, C. y Chacón-Parra, G. (2007). El MRP En la gestión de inventarios. *Revista Visión Gerencial* ISSN: 1317-8822. Año 6, 1. Enero - Junio, 2007, pp. 5-17.
- Cascante, P. y Fonseca, M. (2006). Intranet: Una ventana a la comunicación interna de las organizaciones. *Revista de Derecho y Tecnologías de la Información*. 42006. UNED, Costa Rica.

- Chase R., Jacobs, R. y Aquilano, N. (2000). *Administración de la Producción y Operaciones*. Octava edición. Colombia: Mc Graw Hill.
- Chen, I. y Popovich, K. (2003). Understanding customer relationship management (CRM). People, process and technology. *Business Process Management Journal*. Vol. 9, 5, 2003 pp. 672-688.
- Cheng, L. (2002). Line Balancing vs. Theory of Constraints. *IIE Solutions*, 34, 4 (abril de 2002): pp. 30-33.
- Chouinard, M., D'Amours, S. y Ait-Kadi, D. (2005). Integration of reverse logistics activities within a supply chain information system. *Computers in Industry*, 56, pp. 105-124.
- Daft, R. y Marcic, D. (2006). *Introducción a la administración*. Cuarta edición. México: International Thomson.
- Danielli, S. (2010). *Adopting Lean Manufacturing Techniques in Small and Medium Manufacturing Enterprises*. Cranfield University. October 2010.
- Daugherty, P., Richey R., Genchev, S. y Chen, H. (2005). Reverse logistics: superior performance through focused resource commitments to information technology. *Transportation Research Part E* 41, pp. 77-92.
- De la Fuente, M., Ros, L. y Cardós, M. (2007). Integrating Forward and Reverse Supply Chains: Application to a metal-mechanic company. *International Journal of Production Economics*, doi:10.1016/j.ijpe.2007.03.019.
- Díaz, V. (2012). Ventajas e inconvenientes de la encuesta por Internet. Universidad Pública de Navarra. *Papers 2012*, 97/1, pp. 193-223.
- Feiz, S., Khalifah, Z. y Ramezani A. (2011). Customer Relationship Management in Organizations. International Conference on Management (ICM 2011). (Documento on line). Consulta febrero 2013, desde: [http://www.internationalconference.com.my/proceeding/icm2011\\_proceeding/023\\_211\\_ICM2011\\_PG0296\\_0304\\_CUSTOMER\\_RELATIONSHIP.pdf](http://www.internationalconference.com.my/proceeding/icm2011_proceeding/023_211_ICM2011_PG0296_0304_CUSTOMER_RELATIONSHIP.pdf).
- Fernández, I. (2005). *Análisis de la logística inversa en el entorno empresarial. Una aproximación cualitativa*. España: Universidad de Oviedo.
- Fernández, I. y Kekäle, T. (2005). The influence of modularity and industry clockspeed on reverse logistics strategy: Implications for the purchasing function. *Journal of Purchasing & Supply Management* 11, pp. 193-205.
- Fernández, E., Avella, L. y Fernández, M. (2006). *Estrategia de Producción*. Segunda Edición. España: Mc Graw Hill.

- Fleischmann, M., Krikke, H., Dekker, R. y Simme, D. (2000). A characterisation of logistics networks for product recovery. *Omega* 28, pp.653-666.
- Galbraith, j. (1977). *Planificación de organizaciones*. E. U. A.: Fondo educativo interamericano.
- García-Rodríguez, F.J., Castilla, C. y Bustos, C. (2012). Implementation of reverse logistics as a sustainable tool for raw material purchasing in developing countries: The case of Venezuela. *International Journal of Production Economics* (2012). (Documento on line). Consulta febrero 2013, desde: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.09.015>
- González, J. y González, O. (2001). Logística inversa: un análisis conceptual de nuevos flujos físicos en los canales de distribución. *Revista Esic Market*.
- Guide, V.D.R. (2000). Production planning and control for remanufacturing: industry practice and research needs. *Journal of Operations Management* 18, pp. 467–483.
- Gupta, M. y Boyd, L. (2008). Theory of Constraints: a Theory for Operations Management. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 28 No. 10, 2008, pp. 991-1012.
- Hansen, D. y Mowen, M. (2003). *Administración de Costos. Contabilidad y Control*. Tercera Edición. México: Thomson International.
- Heizer, J. y Render, B. (2008). *Dirección de la Producción y de Operaciones. Decisiones Tácticas*. Madrid: Pearson Educación.
- Horvath, P., Autry, Ch. y Wilcox, W. (2005). Liquidity implications of reverse logistics for retailers: A Markov chain approach. *Journal of Retailing* 81, pp. 191–203.
- Kennedy A., (2006). Electronic Customer Relationship Management (eCRM): Opportunities and Challenges in a Digital World. *Irish Marketing Review Volume 18*, Number I & 2, pp. 58-68.
- Klausner, M. y Hendrickson Ch. (2000). Reverse-logistics strategy for product take-back. *Interfaces* v30 i3 p 156(9).
- Kohli, A., Sharma S., Dinesh K., Gerold, J. y Pastorino, F. (2009). Theory of Constraints: an Application in U.S. Army's Recruiting Process. *Journal of Academy of Business and Economics*, March, 2009. Source Volume: 9 Source Issue: 3.
- Kokkinaki, A., Dekker, R., Van Nunen, J. y Papis, C. (2000). An Exploratory Study on Electronic Commerce for Reverse Logistics. Supply Chain Forum. *An International Journal N°1*. (Documento on line). Consulta octubre 2012, desde: [www.supplychain](http://www.supplychain)
- Krumwiede, D. y Sheu, Ch. (2002). A model for reverse logistics entry by third-party providers. *Omega* 30, pp. 325–333.

- Liste, O. y Dekker, R. (2005). A stochastic approach to a case study for product recovery network design. *European Journal of Operational Research* 160, pp. 268–287.
- Lockamy, A. (2008). Examining Supply Chain Networks Using V-A-T Material Flow Analysis. *Supply Chain Management: An International Journal*. Volume 13, 5, 2008, 343–348.
- Loh, B., Koo K., Ho K. y Idrus, R. (2011). A Review of Customer Relationship Management System Benefits and Implementation in Small and Medium Enterprises. *Mathematics and Computers in Biology, Business and Acoustics*, pp. 247-253. ISBN: 978-960-474-293-6.
- Lu, Z. y Bostel, N. (2007). A facility location model for logistics systems including reverse flows: The case of remanufacturing activities. *Computers & Operations Research* 34, pp. 299–323.
- Luthans, F. (1980). *Introducción a la administración*. Un enfoque de contingencias. México: McGraw Hill.
- Nave, D. (2002). How to compare Six Sigma, Lean and the Theory of Constraints. *Quality Progress*, 35 n.º 3 (mazo de 2002): 73-79.
- ONTSI: Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la SI (2011). *Las Redes Sociales en Internet*. (Documento on line). Consulta noviembre 2012, desde: [www.supplychain.ontsi.red.es](http://www.supplychain.ontsi.red.es)
- Qualitas Hispania (2002). *Cómo implantar con Éxito una Estrategia CRM*. Ref.: QH.EIQ.CRMESTRAT.2002.1. (Documento on line). Consulta septiembre 2012, desde: <http://www.QualitasHispania.com>
- Rahman, S. (2002). The Theory of Constraints Thinking Process Approach to Developing Growth Strategies in Supply Chain. *Working Paper ITS-WP-02-09*. ISSN 1440-3501. (Documento on line). Consulta septiembre 2012, desde: <http://ws.econ.usyd.edu.au/itls/wp-archive/ITLS-WP-02-09.pdf>
- Shih, L. (2001). Reverse logistics system planning for recycling electrical appliances and computers in Taiwan. *Resources, Conservation and Recycling* 32, pp. 55–72.
- Umble, M., Umble, E. y Murakami, S. (2006). Implementing Theory of Constraints in a Traditional Japanese Manufacturing Environment: The case of Hitachi tool engineering. *International Journal of Production Research*, Vol. 44(10), 1863-1880.
- Unruh, G. (2008). Las reglas de la biosfera. *Harvard Business Review*. Vol. 86, N° 6.
- Wang, M. (2011). *Reverse Logistics Optimization. A Research to the Uncertainties in the Third Party Reverse Logistics. Case of New Zealand Couriers Ltd*. Massey University, Auckland, New Zealand.

- Wojanowski, R., Verter, V. y Boyaci T. (2007). Retail-collection network design under deposit-refund. *Computers & Operations Research* 34, pp. 324-345.
- Yazdanpanah, A. y Gazorb, H. (2012). Detecting success factors of electronic customer relationship management (e-CRM) system to establish an appropriate model in police call centre of Iran. *Management Science Letters* 2 (2012), pp. 339-350.
- Zablah, A., Bellenger. D. y Johnston, W. (2004). An evaluation of divergent perspectives on customer relationship management: Towards a common understanding of an emerging phenomenon. *Industrial Marketing Management* 33 (2004) 475- 489. (Documento on line). Consulta octubre 2012, desde: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)