

**UN M**  
**POSGRADO**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

FACULTAD DE INGENIERÍA DIVISIÓN DE  
ESTUDIOS DE POSGRADO

“PROPUESTA DE LOGÍSTICA INVERSA  
PARA UNA EMPRESA PANIFICADORA”

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
**MAESTRO EN INGENIERÍA**  
**(ING. DE SISTEMAS)**  
PRESENTA:  
**ALEJANDRO LÓPEZ MENDOZA**

DIRECTORA DE TESIS:  
DRA. MAYRA ELIZONDO CORTÉS



MÉXICO, D.F.

DICIEMBRE, 2011



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

# “PROPUESTA DE LOGÍSTICA INVERSA PARA UNA EMPRESA PANIFICADORA”

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
1.1. La logística en la industria alimenticia.....	7
1.2. La logística en las industrias panificadoras.....	13
1.3. La logística en el estudio de caso .....	14
1.4. Clasificación de los tipos de barredura en función a su contenido .....	16
1.5. Manejo actual de la barredura en una planta panificadora.....	19
1.6. Ventajas y desventajas del manejo de la operación de manera interna. ....	21
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO</b>	
2.1. Logística inversa	
2.1.1. Conceptos básicos .....	26
2.1.2. Estado del arte de la logística inversa .....	28
2.1.3. El proceso de logística inversa .....	32
2.1.4. Factores claves de éxito en el proceso.....	34
2.1.5. Modelos de logística inversa .....	35
2.2. Modelo de Pareto .....	39
2.3. Métodos de Pronósticos .....	40
<b>CAPÍTULO 3: CONSTRUCCIÓN DEL PROCESO</b>	
3.1. Análisis de la información .....	44
3.2. Selección del producto que genera más barredura.....	46
3.3. Determinación de las cantidades esperadas de barredura .....	49
3.4. Pronóstico de ventas del producto reciclado.....	52

---

## **CAPÍTULO 4: APLICACIÓN DEL PROCESO DE LOGÍSTICA INVERSA**

4.1. Proceso de producción de barredura reciclada .....	64
4.2. Estudio Beneficio/Costo .....	77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	80
ANEXO 1 .....	82
ANEXO 2 .....	83
GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	84
ÍNDICE DE FIGURAS.....	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
REFERENCIAS ARTÍCULOS .....	90

---

## INTRODUCCIÓN

### i. Antecedentes

La empresa de la que se escribirá en el siguiente trabajo es líder a nivel nacional en el ramo de la panificación y en los últimos años sus planes de expansión la han llevado a tener presencia significativa en diversos países de Centroamérica, Sudamérica, Asia y Sur de Estados Unidos.

Es una empresa 100% mexicana que tiene sus orígenes a mediados de los años 40's y desde entonces se ha dedicado a la fabricación de productos de panificación, envueltos para su venta individual, en tiendas de detalle y centros comerciales, principalmente.

En sus orígenes su actividad estuvo enfocada únicamente en la elaboración de pan pero en la medida en que fue creciendo comenzó a incursionar en el ramo de galletas y pastelitos individuales. Hoy en día sus actividades se han ramificado al sector de botanas, dulces, chocolates, mermeladas, pastelería fina, tortillas y bebidas.

Por razones de confidencialidad ha sido omitido el nombre de la empresa, pero es altamente reconocida por el público consumidor hasta el grado de que el pan de caja es conocido con el nombre de esta marca, de manera genérica. El trabajo de investigación se realizó en una de sus plantas, ubicada en el Parque Industrial El Coecillo, en Toluca, Edo. de México.

Actualmente elabora más de 20 productos diferentes. En un ciclo logístico directo, se entrega la mercancía con los clientes y queda en consignación hasta su fecha de recogido de la tienda. Esta fecha es en promedio dos semanas antes de que el producto alcance su fecha de caducidad. La mercancía vendida es facturada al cliente y la que no logró desplazarse, se toma a cuenta como una devolución. Hasta aquí la operación es considerada como un proceso controlado.

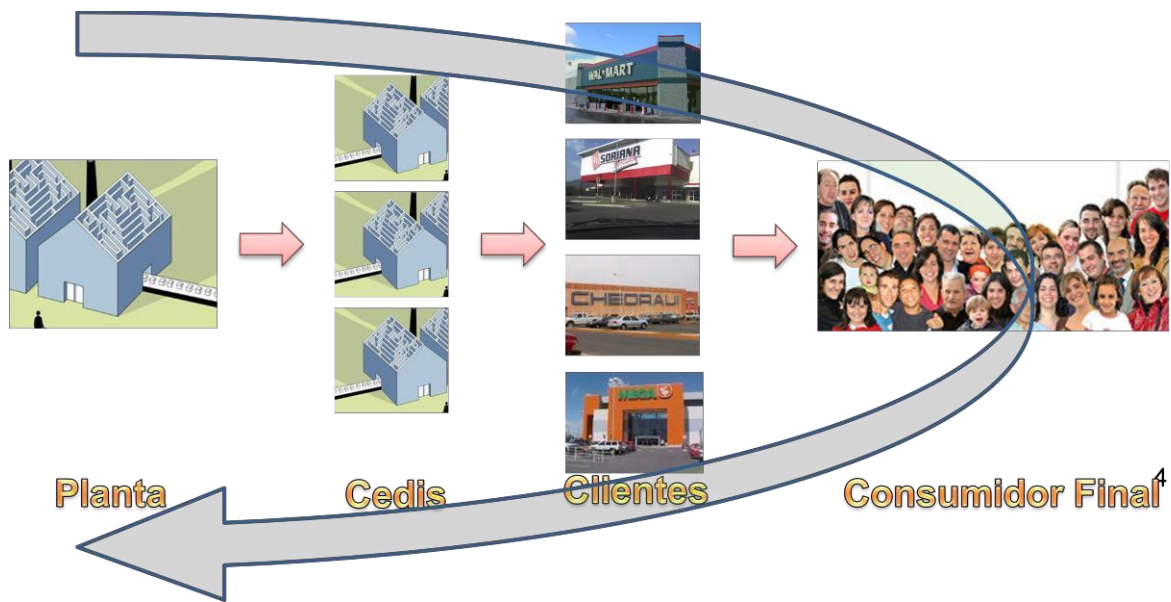


FIG. 1-1. CICLO LOGÍSTICO DIRECTO

El proceso comienza a sufrir desviaciones con el problema que presenta ahora el manejo de esta devolución. Cada vendedor es responsable de que se retorne en el mejor estado posible, al centro de distribución.

El centro de distribución tiene, entre una de sus múltiples responsabilidades, el concentrar todas las devoluciones y establecer un manejo de materiales que dañe lo menos posible los productos. Una vez concentrados, se empaican en una presentación genérica, buscando que contenga productos diversos, que se vea atractiva al público consumidor y a un precio accesible.

Los productos regresan nuevamente al mercado pero en nichos totalmente diferentes, que van desde expendios concesionados de “pan frío” (denominación para el producto que fue devuelto de la tienda pero que aún no llega a su fecha de caducidad) hasta la salida de las estaciones del “metro”, salida de escuelas, tiendas de conveniencia, mercados populares, tianguis, por mencionar algunos.

---

Finalmente si los productos alcanzan su fecha de caducidad, se retiran definitivamente del mercado. Nuevamente se regresan al centro de distribución y éste los remite a la planta.

Una vez concentrados en la planta, los productos son sacados de su empaque y se colocan en costales para venderse a granel por kilo como alimento para ganado. Con esta operación concluye el ciclo logístico directo, como se muestra en la figura 1-1. (Fuente: Creación del Autor).

El manejo de la barredura representa un problema crítico para la empresa panificadora debido a la higiene que debe tenerse en el interior de las instalaciones. Actualmente la empresa es 100 % responsable de esta actividad y esto representa un área de posible contaminación por productos en descomposición si no se administran y controlan de manera adecuada. La propuesta sugiere que se traslade esta operación a través de servicios de terceros y crear una micro empresa con instalaciones propias dentro de un ambiente con mejores condiciones de higiene.

## ii. OBJETIVO GENERAL

Esta tesis tiene como objetivo elaborar una propuesta de un proceso de logística inversa que permita, a una empresa dedicada a la panificación, implementar un proceso productivo para el manejo de la barredura generada por la devolución de sus productos perecederos.

## iii. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Realizar un estudio completo que mida la cantidad de producto que regresa a la Planta en forma de barredura, medido en toneladas por semana.
2. Identificar los posibles proveedores que puedan subsanar esta operación bajo los controles especificados por la empresa.

---

### 3. Definir el estudio beneficio/costo de esta propuesta.

La estructura de la tesis se compone de cuatro capítulos, mismos que se resumen a continuación.

El Capítulo 1 contiene información acerca del planteamiento del problema que justificación la razón de ser del presente trabajo y que intenta compenetrar al lector con las ventajas y desventajas que tiene la empresa con la operación de manejo de barredura.

El Capítulo 2 describe el marco teórico que fundamenta a la propuesta de logística inversa, desde los conceptos básicos de la logística inversa pasando por el estado del arte y las herramientas estadísticas que se utilizarán para realizar la propuesta.

El capítulo 3 explica la construcción del proceso a través de las herramientas explicadas en el capítulo anterior, usando como base datos de la empresa que se está considerando como ejemplo.

El Capítulo 4 muestra la aplicación de un proceso de logística inversa para el manejo de barredura de la empresa en cuestión empleando un estudio de beneficio/costo.

La última parte contiene las conclusiones y recomendaciones de la presente propuesta.

Se tienen un índice de figuras, mismas que son empleadas a lo largo del desarrollo del trabajo, así como de un glosario explicativo de la terminología de la industria alimenticia más usado para facilitar la comprensión de los enunciados.



# CAPÍTULO 1

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 La logística en la industria alimenticia.

La industria alimentaria tiene un carácter de suma importancia debido a su visibilidad pública ya que no solamente soporta los requerimientos diarios en la vida de los seres humanos sino que también mantiene un rol trascendente en las economías de todos los países. Por ejemplo en Estados Unidos representa ingresos por trillones de dólares y es la actividad líder en el comercio internacional. Con una compleja, multi escalonada cadena de suministros, la industria alimentaria tiene distintas y diversas problemáticas en su proceso de desarrollo.

La principal preocupación que se ha generado en los últimos años es la responsabilidad de los desechos y devoluciones que esta actividad genera, sobre todo en los productos perecederos como carnes y vegetales, que pueden ocasionar daños a la salud mundial.

A nivel internacional existen organismos no gubernamentales (ONG's) que fomentan el desarrollo de una conciencia social responsable en las empresas y no solamente como una actividad de mercadeo, publicidad o innovación. La presencia de organismos industriales promueven que las compañías trabajen por ser empresas socialmente responsables (ESR) como la *US Chambers of Commerce Center for Corporate Citizenship*, el *World Business Council for Sustainable Development*, el *Global Reporting Initiative* y el *Institute for Social and Ethical Accountability*, entre otros.<sup>1</sup>

El desarrollo de la ciencia y la tecnología, así como la creciente explosión demográfica ha generado la creación de mayores artículos de consumo en el ramo

---

<sup>1</sup> Maloni, Michael J.; Brown Michael E. *Corporate Social Responsibility in the Supply Chain: An Application in the Food Industry*. Journal of Business Ethics. Springer 2006. 68:35-52 ISBN 10551-006-9038-0.

alimenticio. La necesidad de conservar por más tiempo a los alimentos, así como el permitir una manipulación más higiénica de los productos y el fácil manejo desde el departamento de producción hasta las manos del consumidor, pasando por los clientes, ha impulsado la innovación e implementación de los materiales de empaque.

En nuestra sociedad actual existen una amplia gama de productos alimenticios empacados y embotellados que resuelven la necesidad de alimentar a sectores de la población que adquieren sus productos en centros comerciales. Los principales problemas que se generan con este hábito de consumo es la generación de desechos sólidos. Aunado a esto, los productos que no se adquieren y que llegan a su fecha de caducidad, representan desperdicios que deben controlarse.

Los países desarrollados, como los que integran la Comunidad Europea, han fijado su atención al desarrollo de normativas legales que obligan a las empresas a desarrollar actividades de logística inversa. En lo que se refiere a la normativa europea se pueden destacar dos directivas que son de aplicación directa en el campo jurídico: la Directiva 94/62/CE, que se refiere a los Envases y Residuos de Envases provenientes de alimentos y bebidas, y la de más reciente creación, la Directiva 2006/12/CE, cuyos objetivos principales son, en primer lugar, fomentar por parte de los Estados miembros de la Comunidad Europea la prevención en lo posible y reducción de residuos y, en segundo lugar, adoptar las medidas necesarias para evitar el abandono y eliminación incontrolados de residuos de manera irresponsable. Esta preocupación es compartida también por parte de las corporaciones en los temas ambientales y que se enmarcan dentro de la importancia creciente de las empresas socialmente responsables.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Alfaro, J.A.; Álvarez, M.J.; Montes M.J. ¿Qué ha aportado y debe aportar la investigación académica en la gestión de la cadena de suministros de bucle cerrado a la realidad empresarial? Primer Congreso de Logística y Gestión de la Cadena de suministro. Zaragoza, 2007

La logística inversa está considerada como uno de los temas emergentes y prioritarios dentro de la investigación en el área de la Gestión de la Cadena de Suministros, para mejorar el control de los residuos.

Para cada tipo de actividad empresarial o sector de servicios, existen diferentes modelos para identificar los elementos del proceso de logística inversa. En el caso del sector alimenticio se pueden identificar los principales agentes que intervienen en logística inversa. El modelo se describe en la Figura 1-2<sup>3</sup> y muestra cómo la logística inversa interviene en las decisiones de las diferentes operaciones en la cadena de suministro y a través de ellas con los objetivos de las operaciones.

El flujo de proceso de logística inversa se muestra en las líneas punteadas de color rojo. Las líneas negras señalan el flujo directo. Los elementos nuevos que intervienen en el proceso de logística inversa son el responsable de recoger los desechos, un responsable del desensamblaje y/o clasificación y un responsable del reacondicionamiento.

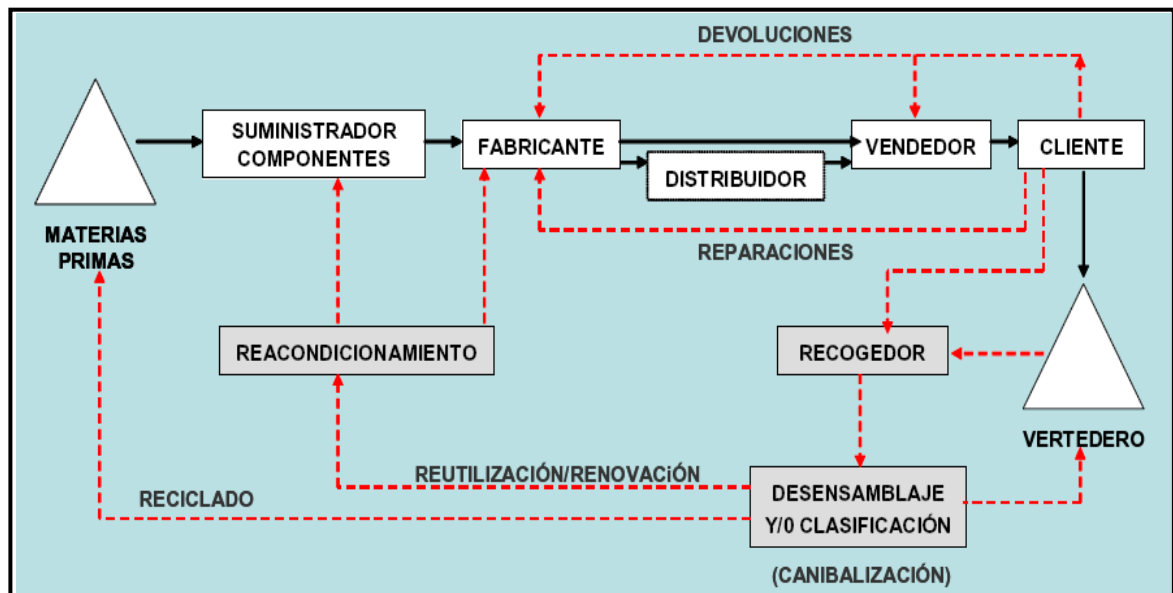


FIG. 1-2. MARCO DE REFERENCIA DE LA LOGÍSTICA INVERSA

<sup>3</sup> Díaz, A., Álvarez, M.J., González, P. Logística inversa y medio ambiente, McGraw Hill, Madrid 2004

Los estudios realizados<sup>[3,6,11,12,17]</sup> sobre logística inversa y su participación en la solución de los problemas actuales en el ramo alimenticio se pueden resumir en las siguientes aportaciones a las estrategias de operaciones de las empresas:

- La creciente importancia de las actividades de logística inversa y concretamente del desempaque de alimentos, ha propiciado el desarrollo de nuevas actividades dentro de los procesos de manufactura.
- El desarrollo de la logística inversa ha propiciado un aumento de la complejidad del proceso de planeación y control de la producción, ya que se hace necesario combinar la producción de los productos de línea con la producción de los que se van a reciclar.
- Las decisiones de localización de centros de distribución son más complejas en el ámbito de la logística inversa debido a que se hace necesario definir la ubicación de los centros de recolección, desensamblaje, clasificación y consolidación de los productos generados por la devolución de los clientes.
- La actividad de transporte de las devoluciones que provienen de los clientes o de los centros de acopio aumenta la complejidad de las decisiones de transporte, tanto en el aspecto de la planeación de rutas como de la selección de los operadores logísticos.
- Se han desarrollado modelos de inventario que tienen en cuenta el retorno de los productos y el control de los productos que surgen del subproceso de reciclado, los cuales son más complejos que los modelos tradicionales.
- Una amplia mayoría de los artículos que se centran en logística inversa buscan como beneficio la reducción de costos en almacenamiento, transporte, re-empaque y reprocesado.
- La importancia de la flexibilidad dentro de la logística inversa se ha desarrollado, principalmente, en el ámbito del diseño de producto y de los sistemas de producción.

Los puntos anteriores refuerzan la importancia que tiene la logística inversa para el cuidado del medio ambiente y que son utilizados por las empresas

socialmente responsables, sin dejar a un lado los temas de productividad y de la calidad de los productos provenientes del proceso inverso.<sup>4</sup>

Existen diversas maneras de disponer de los alimentos perecederos una vez que se han exhibido en los puntos de consumo, tal es el caso de los Bancos de Alimentos que reciben vegetales y carnes provenientes de restaurantes de comida rápida como Mc Donalds, Burguer King, Kentucky Fried Chicken.

Se han desarrollado vegetales con mayor vida de anaquel, lo que permite a los grandes supermercados a tener en exhibición por mayor tiempo sus productos, disminuyendo los inventarios de producto con fecha de caducidad vencida, empleando técnicas como recombinación de ADN, clonación, estimulación de crecimiento, uso de antibióticos y criogenia, entre otras.<sup>5</sup>

Estas investigaciones también se aplican a los cárnicos y frutas, además ofrece diversos beneficios a la industria alimenticia como mayor vida de anaquel, mencionada anteriormente, menores costos, mejora de productos, reducción de pérdidas por producto de mala calidad y menos requerimientos de insecticidas y pesticidas.

Entre los argumentos en contra del uso de estas tecnologías, existe la ansiedad por las implicaciones éticas y morales, el efecto secundario de hormonas en los animales, contaminación indirecta, la salud humana debido a la ingestión residual de hormonas, antibióticos y tranquilizantes.

Por su parte las empresas de alimentos de la Comunidad Europea han adoptado medidas estrictas en el etiquetado y rastreabilidad de los productos modificados genéticamente.

---

<sup>4</sup> Dowlatshahi, Shad. Developing a Theory of Reverse Logistics. Transportation-Freight/Materials Handling Environment Inform. 1526-551 electronic ISSN. May-June 2000. pp. 143-155.

<sup>5</sup> Blayney, D. P.; Fallert, R. F.; Shagam, S. D. Controversy over Livestock Growth Hormones Continues. FoodReview 14(4), pages 6-11.

Globalmente la industria alimenticia ha tenido diversos impactos en el medio ambiente, entre los principales se pueden mencionar: la disposición de residuos sólidos, contaminación del agua y calentamiento global debido a la emisión de metano. Se ha concluido que el principal problema es la contaminación de suelos y aguas por el desecho de empaques y envolturas.

## **1.2 La logística en las industrias panificadoras.**

En México diversas empresas dedicadas a la fabricación de cereales, panes, galletas y pastelitos se enfrentan a problemas similares a los comentados en la sección 1.1. Las principales empresas son Grupo Bimbo, Gamesa, Nestlé, Kellogg's, Maizoro, La Moderna y Nabisco.

Como se verá con más detalle en el capítulo siguiente, el pronóstico de venta es un factor que define el volumen de devolución de producto que se va a obtener, es decir si las ventas reales fueran exactamente las cantidades que se pronosticaron, no habría producto sin vender en los puntos de venta y no existiría la devolución de los mismos.

Pero en la práctica esto no es posible, entonces la diferencia entre las ventas reales y los pronósticos genera la devolución o en caso contrario se presentaría un faltante de producto. De estos dos escenarios posibles, la mayoría de las empresas prefieren tener devoluciones que faltantes. Esta decisión se basa en que es preferible que exista producto excedente en los puntos de venta a que existan faltantes, lo que ocasionaría que los clientes desconfíen del abasto de la marca y la competencia tomaría ese nicho de mercado.

Bajo estas condiciones la gestión de la cadena de suministro toma dimensiones importantes para el control de los inventarios, sin embargo las devoluciones se pueden reducir pero no eliminar.

¿Qué hacer entonces? Para desplazar los productos que no fueron vendidos en los puntos de venta, el producto que se recoge de los clientes, es decir las devoluciones, se realizan actividades con la fuerza de ventas como armar paquetes promocionales con varios productos para atraer la atención del público consumidor ofreciéndolo a un menor precio. En esta actividad los nichos de mercado ya no son los clientes directos como los supermercados y tiendas de

mayoreo, sino lugares ubicados en sitios estratégico cercanos a escuelas mercados o en las estaciones del metro y son conocidos como expendios.

El vender directamente este producto como alimento de engorda para animales es otra opción para desplazar las devoluciones pero, precisamente bajo estas circunstancias se presentan los problemas para las empresas que se consideran como socialmente responsables.

El problema radica en que al vender el producto a terceras personas no existe la responsabilidad con la disposición final de los empaques que pueden ser cajillas de cartón, plástico para emplayar, envoltura individual de los paquetes o las cajillas de plástico donde se colocan los productos. No hay garantía de que estos materiales no terminen en los ríos en tiraderos clandestinos de basura, esto debido a los compradores de las devoluciones, o en una situación más comprometida, que se comercialice la devolución como si fuera producto a granel aún con vigencia. Otra posibilidad es que el comprador almacene producto en exceso y el material que se logró fermentar desecharlo como residuo sólido y contaminar los suelos.

Algunas empresas deciden retirar todo el material de empaque y triturar sus productos para evitar las situaciones anteriores, en un principio como una manera de proteger la imagen de su marca e indirectamente como una forma de cuidar el medio ambiente.

### **1.3 La logística en el estudio de caso**

La industria alimenticia actualmente comercializa sus productos en canales de distribución muy diversos, desde un negocio pequeño ubicada en una colonia popular, hasta grandes cadenas de autoservicio, pasando por tiendas de conveniencia.



Le empresa debe ofrecer como ventaja competitiva la vida útil del producto, definida como el tiempo que permanece en el nicho de mercado hasta cumplir la fecha en que debe ser recogido. Los productos tienen una fecha de caducidad determinada, pero se retira del mercado antes, con el propósito de garantizarle frescura al consumidor.

En los almacenes de devoluciones de cada agencia de ventas se identifica el producto pintando una línea sobre la envoltura. La concentración de este producto se maneja en un área de almacenamiento diferente a la ubicación que tiene el producto fresco. Este producto se denomina “pan frío” en el caso de la empresa objetivo de este trabajo de investigación.

Cuando se ha concentrado el producto frío, se coloca en consignación en otros nichos de mercado que son los expendios de pan frío. La finalidad es colocar la mayor cantidad de producto al alcance de más público consumidor ofreciendo precios atractivos. La fecha de caducidad se cumple en estos puntos de venta.

Una vez que el producto alcanza la fecha de caducidad en los nichos secundarios de ventas, se concentra nuevamente en las agencias de venta y es enviado de regreso a la Planta para su disposición final.

El área de devoluciones de la planta se encarga de concentrar todas las devoluciones provenientes de las agencias de ventas y es responsable de separar la envoltura del producto y almacenarlos. Es de notar que las cantidades en kilogramos que se reciben son considerables, como se demostrará en el desarrollo de este trabajo y es precisamente en este escenario en donde se presenta el área de oportunidad para ofrecer un servicio terciado o de servicios de logística para que la empresa se deslinde del manejo de esta operación, que no es una actividad propia del negocio.



FIG. 1-3. EJEMPLO DE BARREDURA

La empresa requiere honestidad y manejo adecuado de la imagen de su producto, evitando que regrese al mercado; este es el argumento más importante que justifica que la actividad de la disposición se haga directamente con recursos internos.

La “barredura” se define como el producto que ha cumplido o alcanzado la fecha de caducidad, que ha sido retirado de su envoltura, se macera, se coloca en costales de 50 kg, se almacena y se pone a disposición de venta como alimento para ganado (Fig. 1-3).

#### **1.4 Clasificación de los tipos de barredura en función de su contenido.**

La barredura, como se mencionó anteriormente, proviene de los procesos de panificación lo que genera una gran diversidad de productos. Dependiendo de su contenido se pueden agrupar de la siguiente manera:

- a. Los productos con alto contenido en grasa, como los bizcochos, donas, pan danés, conchas, panqués y algunos otros ricos en azúcar. Al ser productos suaves, no se quiebran durante su vida de anaquel, manteniendo una imagen agradable a la vista del consumidor (Fig. 1-4)

- b. Los productos secos, principalmente las galletas, que presentan el problema de fragilidad, por lo que en su manejo se toman cuidados especiales. Cuando se quiebran pierden la apariencia agradable para el consumidor. (Fig. 1-5)
- c. Los productos ricos en cobertura de chocolate y rellenos de crema, principalmente los pastelitos. Al igual que los panes dulces, son de masa suave y esto permite que permanezcan con una apariencia agradable al estar en exhibición (Fig. 1-6).



FIG. 1-4. PAN DULCE



FIG. 1-5. GALLETERÍA



FIG. 1-6. PASTELERÍA

La importancia de conocer el origen de la barredura radica en que es necesario hacer una clasificación adecuada de la barredura para poder seleccionar un proceso de logística inversa acorde a cada uno de ellos. La barredura que tiene como origen productos ricos en grasa y azúcar tienen menor vida de anaquel ya que tienden a oxidarse y generar un sabor rancio en el producto, por esta razón tienen que desplazarse más rápido que los productos de galletería, por ejemplo.

La vida de anaquel de un producto de panificación está en función directa de los ingredientes que los componen, ya que éstos determinan sus características físicas y químicas. Los productos de panificación que se elaboran a niveles industriales se envuelven con película de polipropileno biorientado (BOPP, por sus siglas en inglés).

La envoltura tiene como funciones principales:

- proteger al producto aumentando su vida de anaquel;
- mantenerlo higiénico durante el manejo desde la fábrica al consumidor final;
- ofrecer una imagen agradable que atraiga el gusto del consumidor;
- contener los textos legales de contenido del producto, sus ingredientes, fecha de caducidad, datos del fabricante y teléfono de asistencia al consumidor.

Junto con la fecha de caducidad (figura 1-7, elaborada por el autor), el fabricante agrega una clave interna que indica la fecha en que el vendedor debe retirar ese producto del mercado. A partir de que el vendedor lo recoge de la tienda, el producto comienza su segundo ciclo de vida pero ya bajo el concepto de barredura.



FIG. 1-7. FECHA DE CADUCIDAD PAN DULCE



FIG. 1-7. FECHA DE CADUCIDAD GALLETERÍA

### 1.5 Manejo actual de la barredura en la planta panificadora

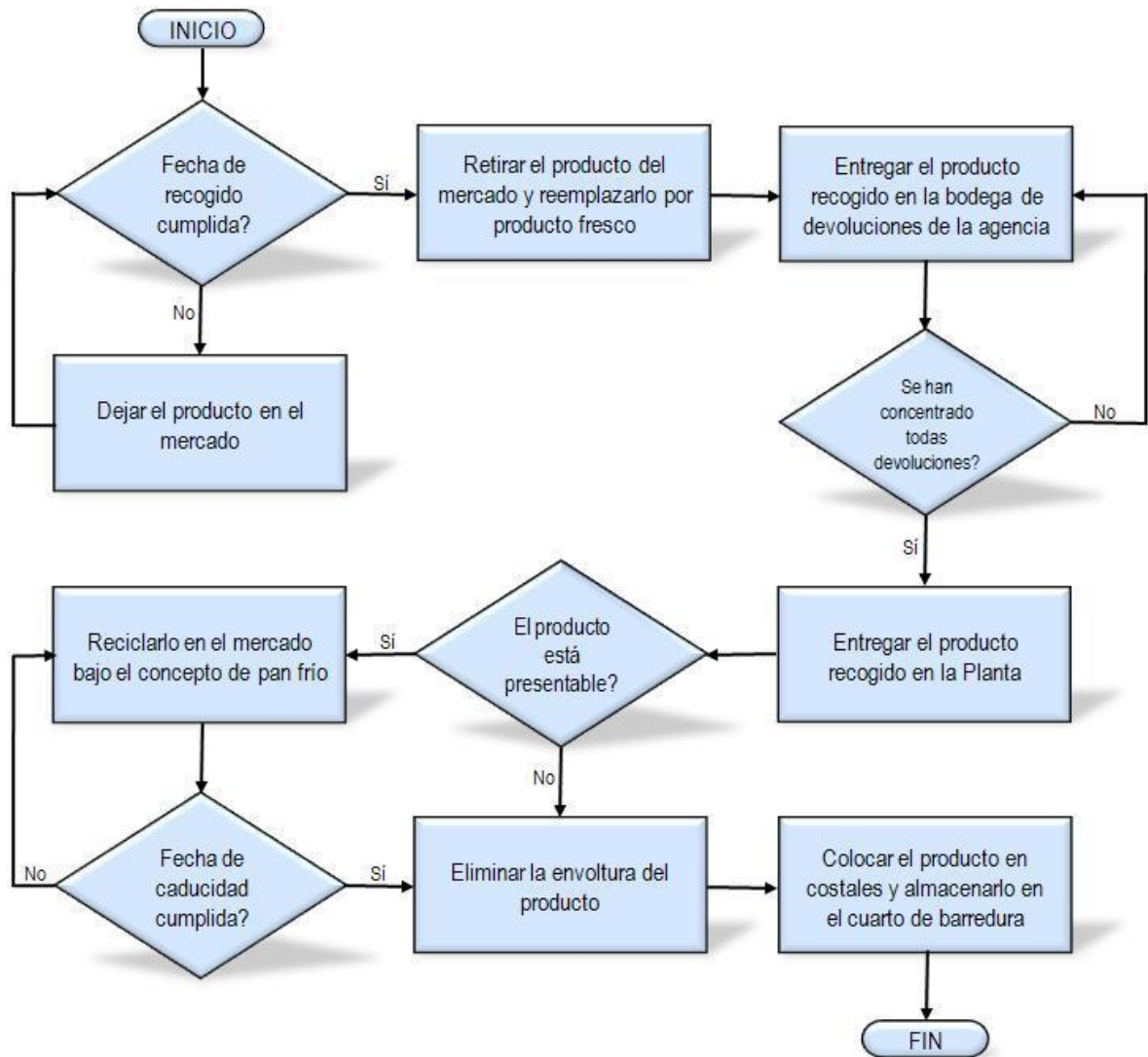


FIG. 1-8 DIAGRAMA DE PROCESO DEL MANEJO ACTUAL DE LA BARREDURA EN LA PLANTA PANIFICADORA

Como se comentó anteriormente, el producto que se ha retirado del mercado se registra en el libro de devoluciones del vendedor y es entregado en la agencia de ventas de la zona. En este lugar, que funciona como bodega para almacenar el producto, pensión de los vehículos de venta y oficinas administrativas, es donde se concentra el producto devuelto y se contabiliza para su envío a la planta de producción.

La planta recibe devoluciones de todas sus agencias de ventas y de todo tipo de producto, todos con la fecha de recogido correcta y todavía con vida útil porque su fecha de caducidad está vigente.

Después de realizar el concentrado general, se compara contra la producción elaborada de esos lotes para obtener el porcentaje de paquetes devueltos de cada producto. Se considera aceptable un máximo de 5% de devolución, es decir que por cada 100 paquetes que se colocan en el mercado, 5 son devueltos por el mercado.

La razón de que todo el producto se concentre en la planta es debido a que el departamento de control de calidad debe clasificar las causas de la devolución para realizar una mejora continua en el proceso y mejorar el manejo en la cadena de suministro.

Al término de esta actividad, el producto se marca con pintura en la envoltura para darle una segunda oportunidad de vida útil en espacios conocidos como expendios de pan frío. Solamente aquellos que mantienen una apariencia agradable reciben esta oportunidad, los muy dañados se quedan definitivamente en la planta.

Los expendios de pan frío tienen inventario de todo tipo, al final de la vida útil se retira de los exhibidores y se regresa finalmente a la planta, en donde se recibe y se almacena en una bodega especial, que es conocida como cuarto de barredura.

Además de la venta de pan frío en los expendios, también se realiza venta a empleados con un menor costo que el que se ofrece en estos lugares. En la figura 1-8 se resumen la información anterior mediante un diagrama de proceso. (Fuente: Propiedad del autor).

La operación de eliminar la envoltura de los productos de devolución del expendio implica la contratación de personal dedicado a esta tarea, como se muestra en la figura 1-9.



FIG. 1-9 SEPARACIÓN DE ENVOLTURA

### **1.6 Ventajas y desventajas del manejo de la operación de manera interna**

El manejo de la operación de barredura se realiza actualmente de manera interna, lo que implica una serie de desventajas:

- a. Personal contratado para la separación, marcación del producto y retiro de la envoltura, así como el personal que de manera indirecta participa en el proceso de retorno a la planta (vendedor, almacenista de la agencia y almacenistas de recibo de materiales de la planta).
- b. Área de almacén especial dentro de la fábrica asignada para contener el material de devolución que se consolida proveniente de las agencias.
- c. Área de basura asignada para la envoltura que se retira del producto.
- d. Servicios de transporte para entregar mercancía de devolución a los expendios de pan frío y de regreso como producto con fecha de caducidad vencida a la planta.

- e. Personal administrativo para el control de la comercialización en los expendios de pan frío y de la venta de la barredura como alimento para ganado a clientes no convencionales.

Del listado anterior se puede apreciar que existen diversos factores que se deben integrar a la operación, ocasionando que se tengan ventajas y desventajas.

Entre las ventajas de mantener la operación como se realiza actualmente, se cuentan las siguientes:

- a. Toda la operación queda en manos de la empresa, garantizando en cada etapa del proceso, el correcto uso de la marca.
- b. Se tiene un control de inventarios de producto de devolución integrado a los inventarios de producto terminado convencional.
- c. Se garantiza que la imagen del producto que aparece en la envoltura no llegará a los mercados no convencionales.
- d. El producto sin envoltura se comercializa triturado, lo cual da seguridad de que no va a ser envuelto nuevamente para comercializarlo indebidamente por terceros como producto fresco.
- e. Se tiene un costo de recuperación del producto, como venta en forma de barredura.
- f. Se evita el riesgo que las envolturas retiradas aparezcan en lugares no adecuados como ríos, bosques o lagos, dañando la imagen de la empresa. (Fig. 1-10).





FIG. 1-10 RÍOS CONTAMINADOS

Todo proceso es perfectible y esta operación no es una excepción, es decir se tienen algunas desventajas, que pueden representar áreas de oportunidad para la empresa. Entre las desventajas que se pueden mencionar, se tienen las siguientes:

- a. Se requiere contratar personal que realice las operaciones citadas anteriormente, con la consabida carga social (IMSS, INFONAVIT, SAR, servicio de comer, uniformes, aguinaldo, vacaciones, entre otros). Aunque se utilicen servicios de terceros (*outsourcing*), también éstos, representan una carga adicional a la nómina.
- b. Desde el punto de vista sanitario, si el producto de barredura no se desplaza de manera puntual, se puede propiciar la generación de hongos debido a producto en descomposición. Esta situación representa un riesgo de que las esporas viajen por el aire y puedan infiltrarse a la planta que está elaborando producto fresco. (Fig. 1-11).
- c. Se tienen espacios asignados dentro de la planta, que no tienen una función para la operación directa o razón de ser del negocio y que requieren mantenimiento, pudiendo ser aprovechados para otro tipo de actividades que generen un mayor valor agregado.



FIG. 1-11 PRODUCTO CONTAMINADO

- d. Se tiene que realizar una planeación de rutas que no son para mover producto fresco sino para desplazar producto de devolución a la planta, de la planta a los expendios de plan frío y de aquí de retorno a la planta, generando nuevos costos de distribución para un producto no fresco de menor precio de venta.
- e. Se tiene que permitir el acceso a clientes no convencionales con sus unidades particulares para recoger el producto de barredura a granel. Esto genera el movilizar personal de seguridad y vigilancia que esté monitoreando la operación de carga del transporte y evitar que el producto fresco sea hurtado.
- f. Se tiene en planta una cantidad considerable de envoltura, que se obtiene de la generación de barredura. Aunque no genera mucho peso, se tienen grandes volúmenes de este material, ocupando espacio en los cuartos de basura.

De todo lo anterior se puede concluir que la logística inversa es un área de oportunidad para muchas empresas del ramo de la panificación si se mira como un área de negocios. La logística directa si tiene la importancia que se merece debido a que los empresarios lo adoptan como un área que genera ganancias al optimizar las operaciones del proceso, pero en caso contrario no se ha visto a la logística inversa como una oportunidad de negocios. Este es el momento en que

se puede impulsar a la logística inversa en bien del medio ambiente y como un proceso con valor agregado.

Se infiere entonces que el problema concreto por resolver es la disposición del material de empaque y del producto original de manera sistemática usando las bases de la logística inversa y de algunas herramientas de ingeniería industrial.

La solución sugerida es realizar un proceso de logística inversa en manos de una empresa externa dedicada a servicios logísticos. Este trabajo consiste en la elaboración de una propuesta de logística inversa y mostrar sus bondades económicas por medio de un análisis beneficio-costos y lo consecuente al estudio es dejar como líneas de investigación la implementación y la factibilidad del proyecto.

Se espera que la propuesta planteada en este trabajo resuelva el problema por medio de un estudio de pronósticos utilizando previamente un diagrama de Pareto que defina el producto principal sobre el cual realizar el análisis numérico y dimensionar el equipo requerido para realizar el proceso de producción en base a la propuesta de logística inversa y finalmente elaborar el estudio beneficio-costos que demuestre las bondades económicas de la propuesta.

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Logística inversa

##### 2.1.1. Conceptos básicos

Existen diferentes definiciones para el concepto de logística inversa, porque están en función del área de aplicación de que se trate o el enfoque que se le quiera dar. Pero como punto de partida se puede tomar la definición de logística directa, del Consejo para Gestión de la Logística (CLM, por sus siglas en inglés), que fue emitida en el año de 1998 y que a la letra dice:

*“La logística es aquella parte del proceso de la cadena de suministro que planea, implementa y controla el flujo y almacenamiento de productos y servicios y su transformación relacionada, desde el punto donde se originan hasta el punto donde se consumen, en forma eficiente y al menor costo posible, para satisfacer los requerimientos de los clientes”.*<sup>6</sup>

Para Carranza y Sabría la logística inversa es *“el proceso por el que se recuperan y reciclan, envases, embalajes, residuos peligrosos, retorno de excesos de inventario, devoluciones de clientes, productos obsoletos e inventarios estacionales”.*<sup>7</sup>

Para Rogers y Tibben-Lembke, la logística inversa es *“el proceso de planeación, implementación y control eficiente de los costos del flujo de materias primas, inventarios en proceso, producto terminado y toda la información*

---

<sup>6</sup> Ballesteros Riveros, Paola; Ballesteros Silva, Pedro Pablo. Importancia de la logística inversa en el rescate del medio ambiente. *Scientia et Technica Año XIII N° 37, Diciembre 2007*. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701. Pp. 315 y 316.

<sup>7</sup> Carranza, O.; Sabría F. *Logística: mejores prácticas en Latinoamérica*. Editorial Thomson Learning Inc., México 2004.

*respectiva, desde el punto de consumo hasta el punto de origen, con el propósito de recuperar valor o eliminación adecuada de los desechos.”<sup>8</sup>*

Para empresas dedicadas al manejo de residuos peligrosos, la logística inversa tiene su definición particular: *“aquí la logística inversa está referida como el proceso de la gestión logística que involucra la planeación, administración y control del flujo de desechos, ya sea para re-uso o para su disposición final.”<sup>9</sup>*

En el ramo de la comercialización de autopartes la logística inversa se considera como: *“el conjunto de actividades enfocadas al manejo físico de piezas de retorno; incluyendo actividades como selección de inventarios, transporte, concentración de lo recolectado, recolección de información, clasificación, restauración o reproceso y eliminación de desechos.”<sup>10</sup>*

El ramo metalúrgico aplica logística inversa para reutilizar la viruta ferrosa que se genera durante el proceso de producción de barras de acero, su concepto es el siguiente: *“la logística inversa representa el proceso mediante el cual la organización recupera productos mediante el re-uso, reventa, re-proceso, reciclado o eliminación de desechos.”<sup>11</sup>*

En el ámbito de alimentos, se tiene como concepto: *“la logística inversa comprende tanto el flujo de retorno como la recuperación y actividades de reciclado...también incluye actividades alternativas como la reparación, renovación y reproceso.”<sup>12</sup>*

Para el presente trabajo, el concepto particular de logística inversa se define como: el proceso de planear, organizar y controlar el flujo de producto desde los

---

<sup>8</sup> Rogers, D. S., y Tibben-Lembke, R. S. (2001). An examination of reverse logistics practices. *Journal of Business Logistics*, 22(2), 129–148.

<sup>9</sup> Hu, Tung-Lai; Sheu, Jih-Biing y Huang, Kuan-Hsiung. (2002). A reverse logistics cost minimization model for the treatment of hazardous wastes. *Transportation Research Part E* 38, 457–473.

<sup>10</sup> Daugherty, Patricia J.; Richey, R. Glenn; Genchev, Stefan E. y Chen, Haozhe. (2005). Reverse logistics: superior performance through focused resource commitments to information technology. *Transportation Research Part E* 41, 77–92.

<sup>11</sup> Johnson P. Fraser. (1998). Managing Value in reverse logistics Sistemas. *Transportation Research E Vol. 34, No. 3*, 217-227.

<sup>12</sup> González-Torre, Pilar L. y Adenso-Díaz, Belarmino. (2006). Reverse logistics practices in the glass sector in Spain and Belgium. *International Business Review* 15, 527–546

puntos de venta de los clientes hasta el punto de origen (Fábrica) para su reproceso, de forma eficiente y al menor costo, con los propósitos de ser responsable de la disposición final, de recuperar valor y cuidar el medio ambiente.

### 2.1.2. Estado del arte de la logística inversa

La logística inversa aplicada a diferentes campos del conocimiento humano es relativamente nueva. Son pocos los países que la están implementando debido a la conciencia acerca del medio ambiente que en los últimos años se ha desarrollado. Realizando una búsqueda de la información acerca de los países que la están usando actualmente, la figura 2-1 muestra un resumen sobre los artículos publicados por regiones.<sup>13</sup> Como se puede observar Europa y Norteamérica son los países a la vanguardia en lo que se refiere a logística inversa.

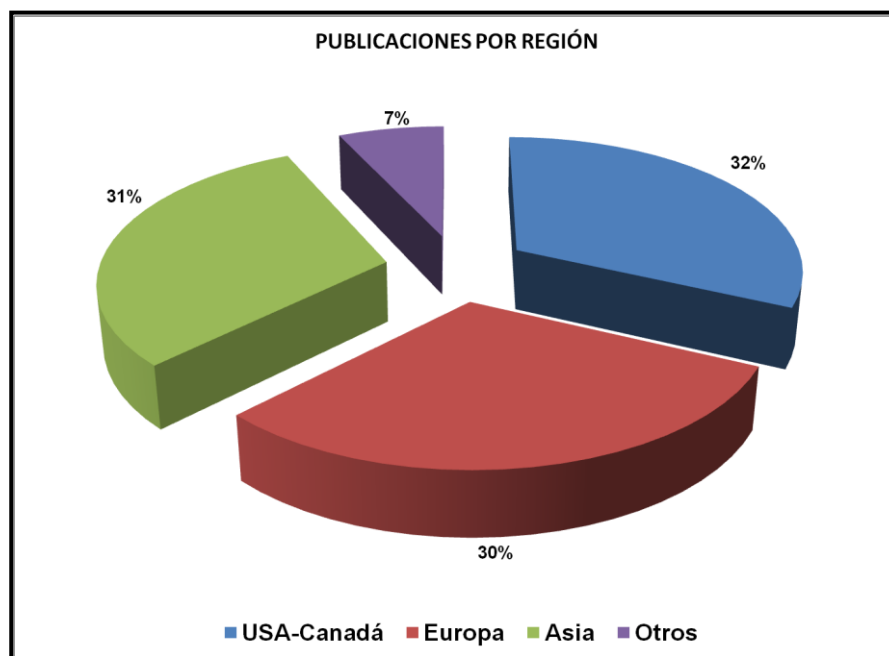


FIG. 2-1 PROYECTOS DE LOGÍSTICA INVERSA POR REGIÓN (gráfica creada por el autor con base en datos obtenidos en revistas electrónicas por internet)

<sup>13</sup> Alfaro, J.A.; Álvarez, M.J.; Montes M.J. *¿Qué ha aportado y debe aportar la investigación académica en la gestión de la cadena de suministros de bucle cerrado a la realidad empresarial?* Primer Congreso de Logística y Gestión de la Cadena de suministro. Zaragoza.

En lo concerniente a Latinoamérica, existe poca información, encontrándose tres artículos publicados en revistas electrónicas.<sup>14</sup>

Revisando el concepto de logística inversa, se puede apreciar que es aplicable a casi todos los sectores de la actividad humana, ya que en su mayoría se pueden tener devoluciones de producto, sobre-inventarios, reciclado de empaques, envases y embalajes, obsolescencia de productos, entre otros. Para algunos autores la logística inversa es una actividad que subsidia la ineficiencia de las organizaciones.<sup>15</sup>

El principal interés que se le ha dado al proceso de logística inversa está enfocado a la elaboración de sistemas de aplicación general, a la elaboración de modelos: modelos de inventarios, modelos de transporte y rutas, teoría de restricciones, soluciones algorítmicas modelos heurísticos, entre otros. Realmente son pocos los que tienen una aplicación específica o enfocada a resolver un problema práctico. En lo concerniente al ramo de alimentos las publicaciones son escasas, encontrándose un artículo enfocado a la industria de embotelladora y sus repercusiones en el medio ambiente, analizando las diferencias existentes en las relaciones entre las compañías embotelladoras, sus proveedores (principalmente fabricantes de envases de vidrio) y sus consumidores, en España y Bélgica.<sup>16</sup>

La figura 2-2 de la página siguiente muestra las áreas de aplicación que están a la vanguardia en la aplicación de los conceptos de logística inversa. El ramo alimenticio, que es el sector que interesa a este trabajo, es de los últimos

---

<sup>14</sup> Ballesteros Riveros, Diana Paola; Ballesteros Silva y Pedro Pablo. (2007). Importancia de la logística inversa en el rescate del medio ambiente. *Universidad Tecnológica de Pereira*. Colombia. // Figueroa Urrea, Hector Armando. (2007). Criterios de planeación de un sistema inteligente de transportación para el transporte urbano de mercancías en la Ciudad de México. *UNAM*. México// Hevia Laner, Francis y Urquiaga, Ana Julia. (2007). Logística de reversa y sus estrategias como complemento de su aplicación. *Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Facultad de Ingeniería Industrial, CUJAE*. Cuba.

<sup>15</sup> Johnson P. Fraser. (1998). Managing Value in reverse logistics. *Transportation Research E Vol. 34, No. 3*. 217-227.

<sup>16</sup> González-Torre, Pilar L.; Adenso-Díaz, B. y Artiba, Hakim. (2004). Environmental and reverse logistics policies in European bottling and packaging firms. *International Journal of Production Economics* 88. 95-104

que publica proyectos relacionados a este tema, por lo que se considera que existe un campo para desarrollo de estudios con este enfoque.

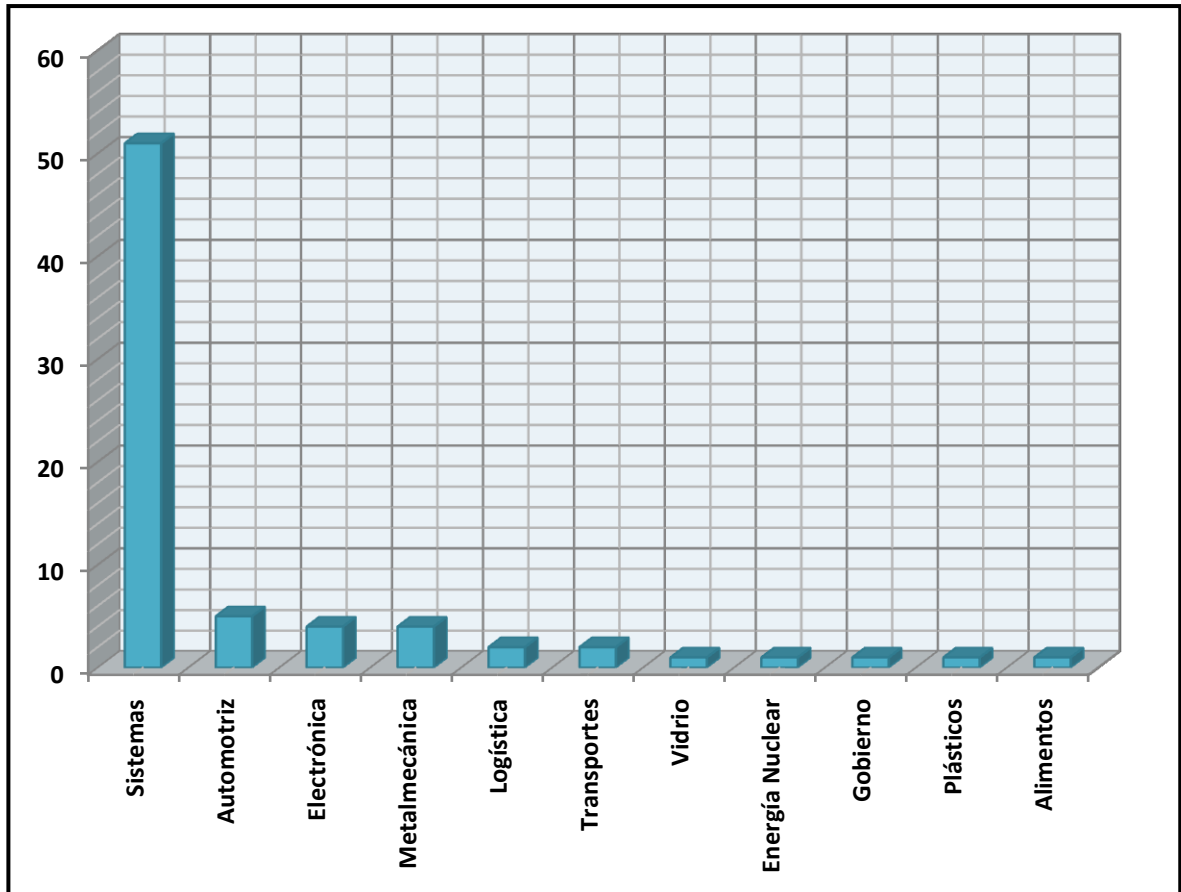


FIG. 2-2 PROYECTOS DE LOGÍSTICA INVERSA POR ÁREA DE APLICACIÓN.  
(Gráfica creada por el autor con base en datos obtenidos en revistas electrónicas por internet)

La figura 2-3 muestra el comportamiento de las publicaciones por año, en la cuál se puede notar una cierta tendencia de crecimiento de artículos sobre este tema. La búsqueda se hizo en exploradores de revistas electrónicas como *www.elsevier.com*, *www.pergamon.com* y *www.sciencedirect.com*. Las revistas consultadas fueron: *Transportation Research*; *Computers and Industrial Engineering*; *Industrial Marketing Management*; *Business Horizons*; *Omega*; *Expert Systems with Applications*; *Journal of Retailing*; *Computers and Operations*



Research; Resources, Conservation and Recycling; Technological Forecasting & Social Change, entre otras.

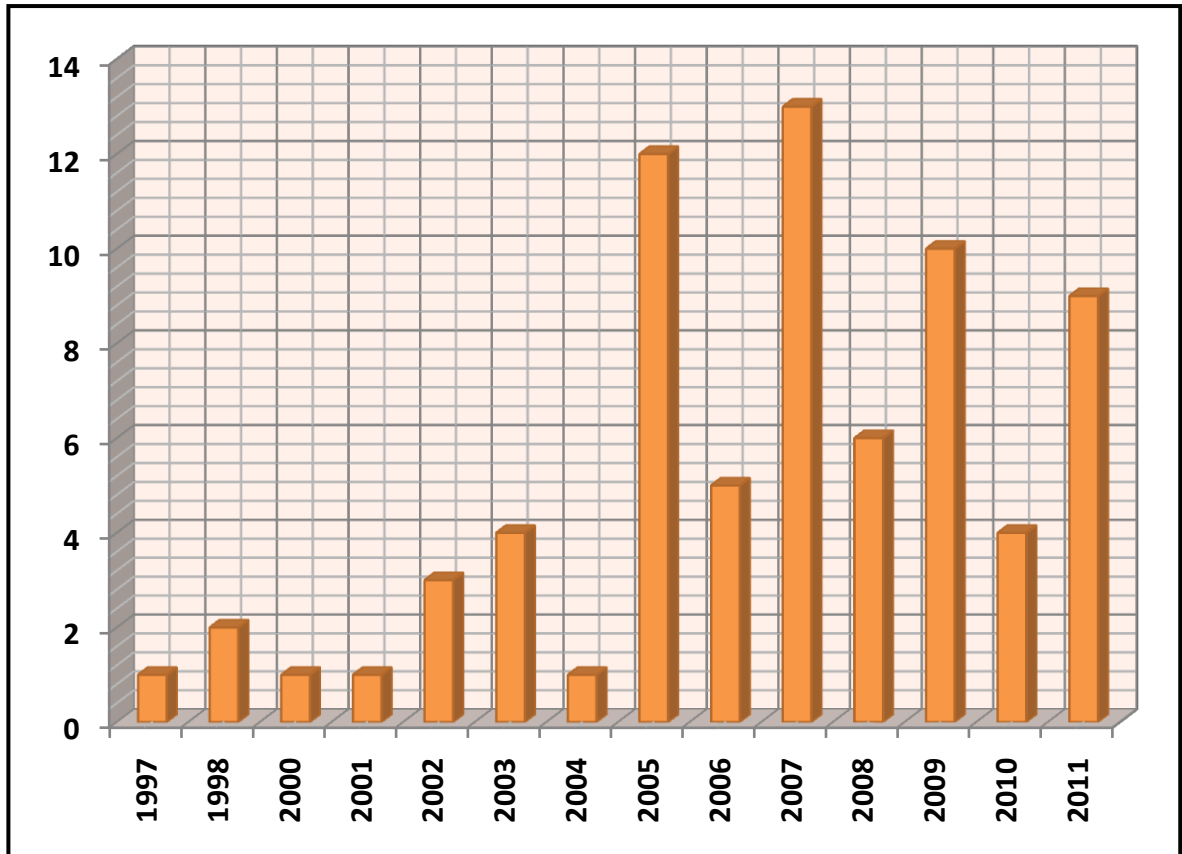


FIG. 2-3 PROYECTOS DE LOGÍSTICA INVERSA POR AÑO DE PUBLICACIÓN (gráfica creada por el autor con base en datos obtenidos en revistas electrónicas por internet)

### **2.1.3. El proceso de logística inversa**

Las etapas que integran el proceso de logística inversa dependen del proceso del que se esté hablando y pueden mencionarse, entre otros:

- a. Fuentes de abastecimiento internas y externas.
- b. Centros de acopio.
- c. Clasificación de los productos

Las fuentes de abastecimiento internas y externas son las fuentes que proveen el inicio del proceso de logística inversa a manera de materia prima. Para el presente trabajo, las fuentes internas son los productos defectuosos que se generan durante el proceso de producción y las fuentes externas son las devoluciones que generan los puntos de venta directos, además de las devoluciones provenientes de los expendios de pan frío.

Los centros de acopio son las áreas disponibles en las empresas para almacenar los productos provenientes de las fuentes de abastecimiento internas y externas, que en nuestro caso son las bodegas de devoluciones y barredura. Las principales características que deben tener estos espacios son el manejo rápido y eficiente de los materiales.

La clasificación de los productos se refiere a tres fases, que son las siguientes:

- a. Reproceso
- b. Reciclaje
- c. Reutilización

El reproceso es la fase que se presenta cuando en un sistema de producción los productos que se están elaborando no cumplen con las especificaciones de calidad y deben ser retirados, se corrigen, si así procede y regresan al sistema.

El reciclaje es la fase de recuperación de un material usado a un proceso para que se pueda volver a utilizar. Al efectuarse el reciclaje, quienes lo efectúan se convierten en proveedores secundarios de materias primas. Los que no son posibles de retornar a un ciclo productivo se desechan. En el estudio que se está tratando el reciclaje se realiza con los productos de devolución.

La reutilización es la utilización de productos o partes en funciones que desempeñaba anteriormente o con otros fines.

Toda devolución se asemeja a un problema complejo que incide en las actividades logísticas asociadas a su recolección de los productos que van desde el contacto y colaboración con el cliente, el almacenamiento en los centros de acopio, su clasificación y posterior tratamiento hasta su destino final y el correspondiente transporte hasta su nuevo destino.

Es muy importante en todo proceso de logística inversa la rastreabilidad o trazabilidad de los productos para tener un control estricto y una eficiente administración del proceso, mediante la capacidad de seguir el movimiento de un alimento a través de los pasos específicos de la producción, transformación, distribución y retorno. En la figura 1-7 del Capítulo 1 se muestra un producto con un código impreso, que ayuda a identificar en que etapa del proceso se encuentra y de esta manera se maneja la trazabilidad.

De acuerdo al Diario Oficial de las Comunidades Europeas se define a la trazabilidad como: *“la posibilidad de encontrar y seguir el rastro, a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución, de un alimento, un pienso (cualquier sustancia o producto, incluidos los aditivos, destinado a la alimentación por vía oral de los animales, tanto si ha sido transformado entera o parcialmente como si no), un animal destinado a la producción de alimentos o una sustancia*

*destinados a ser incorporados en alimentos o piensos o con probabilidad de serlo.”(Artículo 3, punto 15 del Reglamento 178/2002).*<sup>17</sup>

#### **2.1.4. Factores claves de éxito en el proceso de logística inversa**

Es difícil mencionar cuáles son los factores para garantizar el éxito de un proceso, debido sobre todo a la variabilidad que siempre está presente en todo sistema, sin embargo sí es posible enumerar ciertos criterios que pueden ayudar a conseguirlo. Entre algunos se pueden mencionar:

- a. Administración y control: todas las actividades que se desarrollan en el proceso deben ser monitoreadas de manera eficiente, con la finalidad de reducir los costos logísticos. La información es valiosa ya que permite el conocimiento de la realidad del proceso. Se debe tomar información de seguimiento e información de control.
- b. Indicadores de desempeño: es importante diseñar un sistema de costeo basado en actividades como son la recepción, la clasificación de los productos, la expedición de órdenes de trabajo, entre otras. La segunda parte del costeo debe incluir las actividades enfocadas al destino final. Un indicador de desempeño es un instrumento de medición de las variables más importantes que están vinculadas con el cumplimiento de los objetivos que se pretenden alcanzar en el proceso.
- c. Aspectos financieros: requiere la asignación de recursos financieros suficientes para llevar a cabo auditorias en cada eslabón de la nueva cadena de suministros, efectuar propuestas de nuevos proyectos enfocados al medio ambiente (industria limpia), apoyar la compra de nuevos equipos dedicados al reciclado, entre otras.

---

<sup>17</sup> Diario Oficial de las Comunidades Europeas. Reglamento (CE) No 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo del 28 de enero de 2002. Capítulo I: Ámbito de aplicaciones y definiciones. Artículo 3: otras definiciones, párrafo 15.

### 2.1.5. Modelos de logística inversa en el estado del arte

Serge Lambert, Diane Riopel y Walid Abdul-Kader<sup>18</sup> consideran que un sistema de logística inversa requiere siete elementos: coordinación del sistema, selección, recolección, clasificación, procesamiento o tratamiento, sistema integrado de información y sistema de eliminación de desechos.

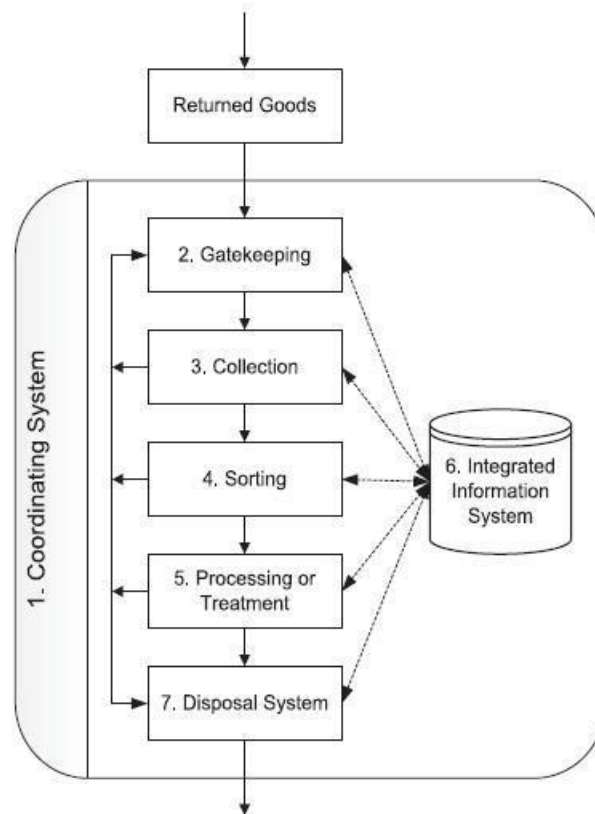


FIG. 2-4 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE LOGÍSTICA INVERSA. (Lambert, Riopel y Abdul-Kader)

En su modelo establecen que un proceso de logística inversa se puede estructurar en tres niveles: nivel estratégico, nivel táctico y nivel operacional (figura 2-5). En el nivel estratégico se deben considerar la misión de la empresa y los objetivos estratégicos. En el nivel táctico se deben desarrollar el mapeo de procesos y la ingeniería de costos. Finalmente en el nivel operacional se especifica el mapeo del proceso de logística inversa.

<sup>18</sup> Lambert, Serge; Riopel, Diane y Abdul-Kader, Walid. (2011). A reverse logistics decisions conceptual framework. *Computers and Industrial Engineering*. 1-21.

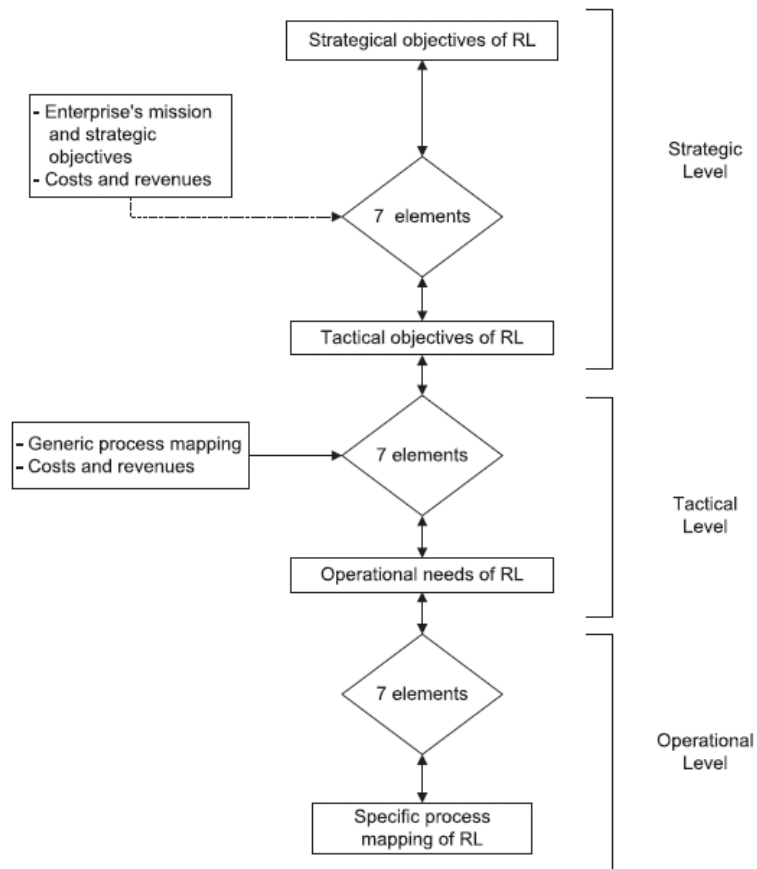


FIG. 2-5 DIFERENTES NIVELES DEL SISTEMA DE LOGÍSTICA INVERSA (Lambert, Riopel y Abdul-Kader)

La coordinación del sistema (*coordinating system*) es responsable de ver el funcionamiento completo del proceso; debe mantener la mejora continua; realiza la toma de decisiones conociendo la información de costos y ganancias de las diferentes alternativas;

La selección (*gatekeeping*) es la entrada del sistema de logística inversa, es la etapa en la que se reconocen los productos que están retornando, proveniente de los clientes y consumidores finales. inicia cuando el cliente avisa que necesita realizar devoluciones a la compañía. La empresa filtra cuales productos entran al

sistema y cuales no. Este primer paso es esencial para el éxito en la administración del sistema y control de costos.

La recolección (*collection*) incluye la recolección de la devolución del producto proveniente de clientes (internos y externos) y el transporte. Esta responsabilidad se puede delegara terceros, dependiendo de la complejidad del producto, motivo de la devolución, regiones de ventas involucradas, entre otras. Los aspectos económicos a cuidar son los costos de transporte y la consolidación de espacio.

La clasificación (*sorting*) tiene una etapa preliminar cuando se recibe la devolución del producto y se tiene que revisar para decidir como debe ser tratada. Se debe determinar los criterios de aceptación de la devolución, que productos y donde deben almacenarse y cuales enviarse a la etapa de eliminación de desechos.

Las actividades de procesamiento o tratamiento (*processing or treatment*) están enfocadas a reparaciones, re-uso, re-proceso, actualizaciones, re-empaque, entre otras. Se deben cuidar los niveles de inventario para evitar sobre inventarios y obsolescencia de las devoluciones.

El sistema de información (*information system*) interactua con todos lo selementos del sistema de logística inversa. El sistema de información debe manejar la información de cada elemento del proceso, en especial de los inventarios y del plan de producción. Debe proporcionar información que permitan mejorar los productos y mejorar el servicio al cliente. Proporciona información a toda la cadena de suministro.

El sistema de eliminación de desechos (*disposal system*) es la salida del proceso de logística inversa, se presenta cuando la empresa decide hacer nada con la devolución del producto, de acuerdo a sus políticas.

Horvat, Autry y Wilcox<sup>19</sup> utilizan en su modelo aproximaciones con cadenas de Markov. El modelo presentado en el artículo está enfocado a aspectos financiero, específicamente al flujo de efectivo de las empresas. El modelo contempla ventajas económicas al recuperar ingresos a través de la implementación de un modelo de logística inversa. Las etapas propuestas son similares en el nivel operativo al modelo de Lambert. Las ventajas del modelo son el modelado de expectativas, riesgos y potenciales caídas asociadas con el flujo de efectivo proveniente de las actividades de logística inversa. Proporciona también recomendaciones gerenciales para evitar problemas de liquidez.

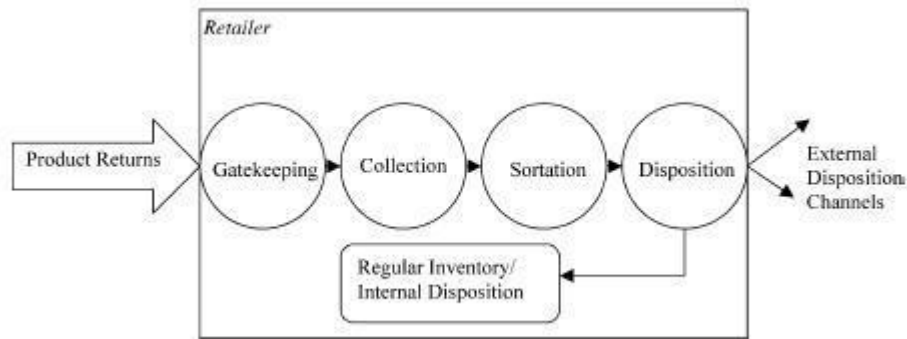


FIG. 2-6 PROCESO DE LOGÍSTICA INVERSA (Horvat, Autry y Wilcox)

Álvarez-Gil, Berrone, Husillos y Lado<sup>20</sup>, enfocan su artículo a la administración estratégica de un proceso de logística inversa. Su modelo propone el análisis de respuesta a factores internos, externos e individuales que afectan la implementación del proceso. Su estudio consideró a 118 empresas españolas para determinar la influencia de esos factores sobre la probabilidad de que las compañías implementen con éxito un sistema de logística inversa. Se incluyeron como elementos del sistema a los empleados, a los clientes, al gobierno y a los organismos no gubernamentales (ONG's). El modelo se muestra en la figura 2-7.

<sup>19</sup> Horvath, Philip A.; Autry, Chad W. y Wilcox, William E. (2005). Liquidity implications of reverse logistics for retailers: A Markov chain approach. *Journal of Retailing* 81. 191–203.

<sup>20</sup> Álvarez-Gil, Ma José; Berrone, Pascual; Husillos, F. Javier y Lado, Nora. (2007). Reverse logistics, stakeholders' influence, organizational slack, and managers' posture. *Journal of Business Research* 60. 463–473



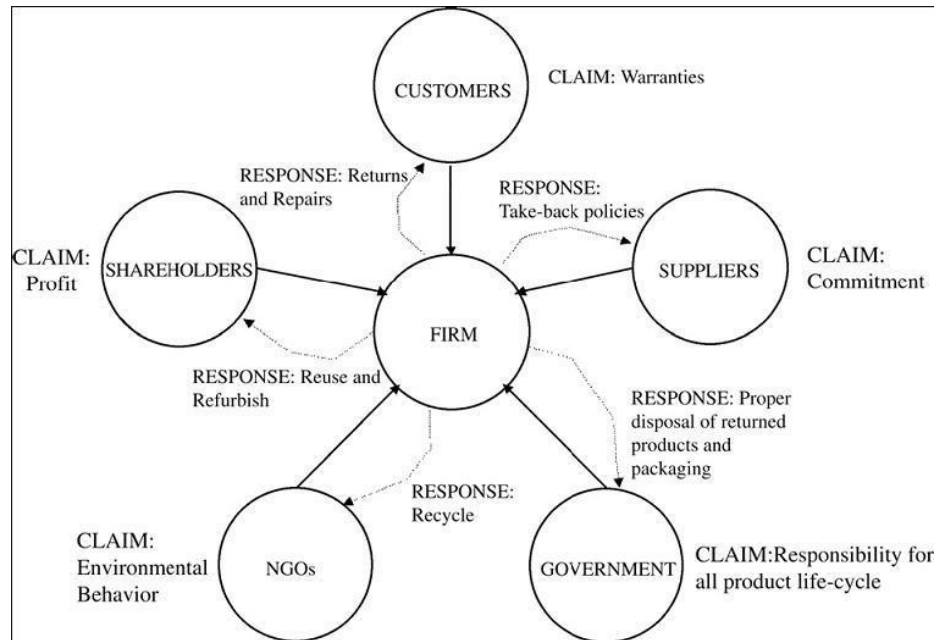


FIG. 2-7 PROCESO DE LOGÍSTICA INVERSA (Álvarez-Gil, Berrone, Husillos y Lado)

## 2.2. Modelo de Pareto<sup>21</sup>

El diagrama de Pareto es una de las siete herramientas básicas que se utilizan principalmente para el control de calidad y que tiene como finalidad la jerarquización o priorización de los factores que intervienen en el problema de estudio, generalmente las causas que originan defectos de calidad. Su enunciado es muy simple y menciona que el 80% de los problemas que se presentan, son ocasionados por el 20% de las causas.

De esta manera cuando se quieren encontrar las principales causas de un problema de calidad, la elaboración de una gráfica de Pareto, permite visualizar cuáles ocasionan la mayor cantidad de problemas y al corregir el 20% de las causas, se reducen los defectos de calidad en un 80%.

El desarrollo matemático es simple. Se elabora una tabla en la que la primera columna enlista las causas del problema, en la segunda columna la

<sup>21</sup> Greene, James H. *Control de la Producción*. Editorial Diana. México, 2006. Pp. 241 y 242.

frecuencia en que ocurre cada una. Se ordenan las frecuencias de las causas de mayor a menor y se calcula en la tercera columna el porcentaje relativo, que es la división de la frecuencia de la causa entre el total de defectos presentados. Finalmente en la cuarta columna se anota el porcentaje acumulado.<sup>22</sup>

La segunda parte de este análisis es graficar en doble escala los datos obtenidos, en el eje (**x**) se anotan las causas de los defectos, en el eje (**y**), en la escala de la izquierda se grafica la frecuencia con gráfica de barras y en la escala derecha el porcentaje acumulado con gráfica lineal. Se prolongan una línea horizontal desde el 80% y se termina al tocar la primera barra. En este punto se identifican las principales causas que se tienen que revisar para eliminar el 80 de los defectos de calidad.

El uso más común para la regla de Pareto es en problemas de calidad, sin embargo también se aplica para otros casos como el que se presenta en el presente trabajo. En el capítulo 3 se tratará el caso de manera más completa, en donde se tienen los datos de las devoluciones de productos de panificación expresadas en Kg/año y se aplicará la regla de Pareto para definir cuáles son los productos que generan mayores cantidades de devoluciones.

### **2.3. Métodos de pronósticos**

Un pronóstico es una técnica cuantitativa que se utiliza para la predicción de eventos utilizando datos históricos disponibles y se emplean principalmente para la toma de decisiones y la planeación.<sup>23</sup>

Existen diversas maneras, que se mencionan más adelante, en que una base de datos históricos puede ser analizada para generar pronósticos, cada una tiene propiedades específicas y los resultados obtenidos pueden ser diferentes.

---

<sup>22</sup> Arbones Malisani, Eduardo A. *Optimización Industrial (II)*. Editorial Marcombo. España, 2004. Pp. 138, 139 y 140.

<sup>23</sup> Eppen, G. D.; Gould F. J. *Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa*. Editorial Prentice Hall. México 2007. Pp. 438-440, 445, 446.

Algunos métodos se comentan más adelante. El verdadero trabajo del analista o responsable del proceso de planeación es tomar la decisión de cuál de los métodos representa de mejor manera el comportamiento de los datos históricos.

La correlación de los datos es un valor numérico que indica el nivel de relación que existe entre los valores que se están considerando, de tal manera que si un método nos arroja una correlación de 80% y otro 98%, el método a considerar será el de mayor correlación.<sup>24</sup>

Es importante recordar que los métodos de pronósticos sólo son un intento de representar escenarios futuros, con grandes posibilidades de que ocurran, pero de ninguna manera garantizan que se van a cumplir exactamente, muy a pesar de tener una excelente correlación.

La razón de planear a través de pronósticos es contar con información que permita elaborar planes de requerimiento de materiales (MRP<sup>25</sup>, por sus siglas en inglés), planes maestros de producción (MPS)<sup>26</sup>, diseño de almacenes y necesidades de transportes, entre otros.

Los pronósticos deben ser revisados de manera constante para ir ajustando las tendencias conforme se van recibiendo datos actualizados para retroalimentar la base de datos históricos que se usaron en el modelo.

Debido a que las bases de datos históricos suelen contener bastante información para obtener pronósticos más acertados, es conveniente manejarlos por medio de software especializado o en hojas de cálculo.

---

<sup>24</sup> Sasieni, Maurice; Yaspan Arthur; Friedman, Lawrence. *Investigación de Operaciones, Métodos y Problemas*. Editorial Limusa. México 2002. Pp. 108 y 109.

<sup>25</sup> MRP, Material Requirement Planning.

<sup>26</sup> MPS, Master Production Schedule.

Entre los métodos más conocidos, se pueden mencionar los siguientes:

- i. Series de tiempo:
  - a. Promedios móviles.
  - b. Suavización exponencial.
  - c. Tendencia lineal.
- ii. Relaciones causales:
  - a. Regresión simple.
  - b. Regresión múltiple.

Las series de tiempo son registros observados sobre incrementos sucesivos de tiempo, son un conjunto de observaciones producidas durante un periodo de tiempo claramente definido, que puede ser semanas, quincenas, meses, bimestres, cuatrimestres, semestres, años.<sup>27</sup>

Las relaciones causales se presentan cuando existen relaciones directas entre dos variables. Dependiendo de los datos históricos, se tienen diferentes tipos de líneas, aunque lo más común es que se presenten líneas rectas.

Cada uno de estos métodos tiene técnicas específicas para el manejo de los datos, con su respectiva justificación matemática. En el capítulo siguiente se realizará la aplicación de estas técnicas en el estudio de caso de la panificadora.

La aplicación de los pronósticos, como ya se mencionó, tiene diferentes enfoques, en el presente trabajo se utilizarán para pronosticar las cantidades que se esperan obtener del proceso de logística inversa de barredura. Es importante conocer esta información para dimensionar el tamaño del proceso, de tal manera que se puedan estimar la maquinaria y equipo necesario, las horas-hombre requeridas, las áreas de almacenamiento que se deben tener dispuestas y los

---

<sup>27</sup> Taha, Hamdy A. *Investigación de Operaciones*. Editorial Alfaomega. México, 2007. Pp. 468, 471 y 472.

volúmenes de producto terminado que se obtendrán de este proceso de recuperación.

En el siguiente capítulo se iniciará con el proceso propuesto con base en el problema concreto por resolver definido anteriormente y usando las herramientas teóricas presentadas en este capítulo.

## CAPÍTULO 3

### CONSTRUCCIÓN DEL PROCESO

#### 3.1 Análisis de la información

El análisis de los reportes de devoluciones que emite el departamento de ventas de la organización adquiere importancia debido a la gran variedad de productos que fabrica la empresa. La inversión de esfuerzos para un proceso de logística inversa se enfocará en el 20% de ellos, solucionando el 80% de los problemas que se presentan por el manejo de estas devoluciones. Los datos que aparecen son una simulación de los datos reales. El comportamiento es igual al real pero en una escala diferente por motivos de confidencialidad.

EMPRESA DE PANIFICACIÓN				
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN				
DEVOLUCIONES Kg/año				
		A	B	C
N°	PRODUCTO	Kg/año	% REL	% ACUM
1	Galleta hojaldrada 110 g	261,562	27.1%	27.1%
2	Galleta tipo sandwich 8 Pza 85 g	186,859	19.3%	46.4%
3	Cuernitos 100 g	177,487	18.4%	64.7%
4	Mantecadas 2 Pza	118,565	12.3%	77.0%
5	Galletas redondas 115 g	21,006	2.2%	79.2%
6	Bigotes rellenos 60 g	19,342	2.0%	81.2%
7	Barra de fresa 40 g	19,197	2.0%	83.2%
8	Panqué de nuez 270 g	18,987	2.0%	85.1%
9	Polvorones a granel 65 g	18,338	1.9%	87.0%
10	Barra de nuez 34 g	17,065	1.8%	88.8%
11	Tartinas de fresa 78 g	15,321	1.6%	90.4%
12	Barra de piña 40 g	14,288	1.5%	91.8%
13	Panqué de pasas 285 g	13,640	1.4%	93.3%
14	Orejas 70 g	13,482	1.4%	94.7%
15	Barra de fruta manzana 40 g	11,965	1.2%	95.9%
16	Barra de linaza 34 g	11,940	1.2%	97.1%
17	Tartinas de piña 78 g	10,910	1.1%	98.3%
18	Polvorón con chispas 50 g	9,857	1.0%	99.3%
19	Mantecadas de chocolate 95 g	7,008	0.7%	100.0%
<b>TOTAL</b>		<b>966,818</b>	<b>100.0%</b>	

FIG. 3-1 TABLA DE PARETO

Siguiendo la mecánica del análisis de Pareto, es necesario elaborar la gráfica que proporcione una ayuda visual de la tabla anterior. Existen diferentes herramientas computacionales para su elaboración. En la figura 3-1 se muestran los datos obtenidos para un año de devoluciones acumuladas por producto. La gráfica de Pareto que se obtiene con la información se muestra en la figura 3-2.

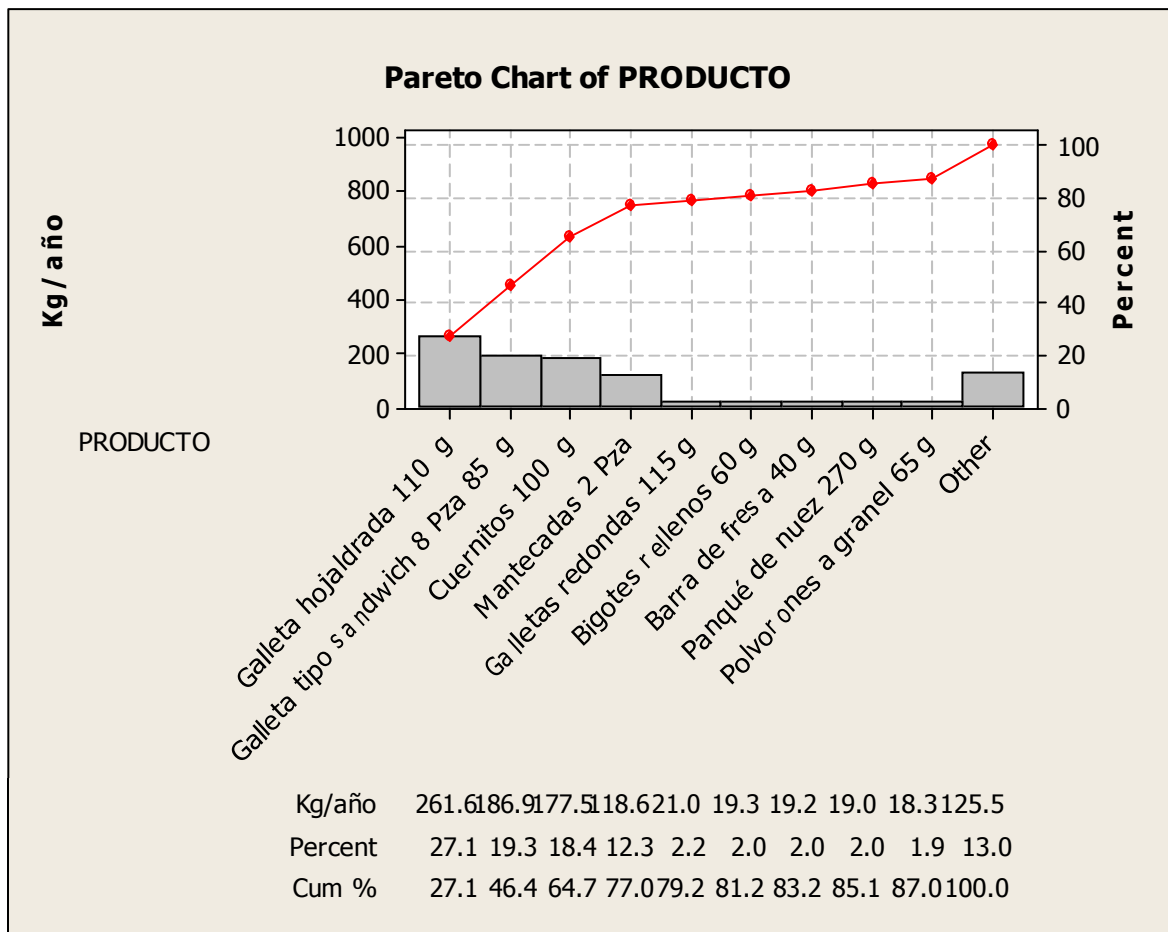


FIG. 3-2 GRÁFICA DE PARETO

Esta gráfica indica que cinco productos, que representan el 20% del total, ocasionan el 80% de las devoluciones totales que se reciben en la fábrica. Este primer análisis señala cuales son los productos a los que hay que dar seguimiento.

Los productos son:

- a. Galletas hojaldradas 110 g
- b. Galleta tipo sándwich 85 g
- c. Cuernitos 100 g
- d. Mantecadas 2 pza.
- e. Galletas redondas 115 g

Con datos exactos se puede mencionar que el 26% de los productos ocasionan el 79.2% de las devoluciones totales del año.

### **3.2 Selección del producto que genera más barredura.**

En esta primera etapa del trabajo se tiene que integrar un reporte que contenga el histórico de barredura que se genera por cada línea de producción. La base de datos que se obtiene se muestra en la figura 3-4. El diagrama de Pareto será la herramienta que permitirá definir cuáles son los productos que generan el 80% del problema.

En el Anexo 1 se muestra un informe histórico de 5 años anteriores de la barredura generada por producto, se registra por peso y la presentación del empaque. Este reporte es la base del análisis numérico que se menciona a continuación.

De acuerdo al procedimiento para el análisis de Pareto, se tienen que ordenar los datos de mayor a menor en función de la variable de estudio (Kg/año).

Como segunda etapa se requiere calcular los porcentajes relativos (%), esto se hace dividiendo el total de barredura generado por cada producto en los cinco años del histórico y dividiéndolo entre el total general, que en este caso es de 3'419,056 Kg.



Por ejemplo, para las Doradas, el cálculo sería el siguiente:

$$\%Rel = \frac{588,567}{3'419,056} \times 100 = 17.214\%$$

y así sucesivamente para los demás productos. Ya que los datos se ordenaron de mayor a menor considerando los Kg/año, el porcentaje relativo debe aparecer ordenado también de mayor a menor. Finalmente se calcula el porcentaje acumulado. Esta etapa consiste en agregar el porcentaje relativo del producto en cuestión con el porcentaje relativo del producto precedente. Los resultados totales se muestran en el Anexo II.

Con esta información ya ordenada de mayor a menor, con los cálculos del porcentaje relativo y el porcentaje acumulado se puede elaborar el Diagrama de Pareto como se muestra en la figura 3-3.

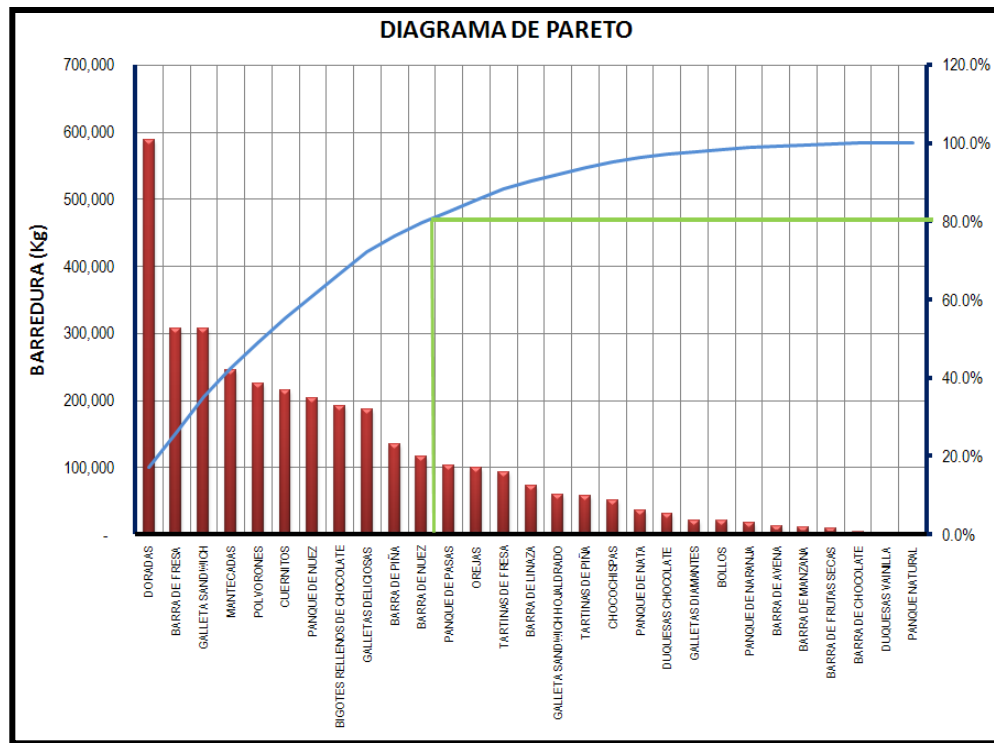


FIG. 3-3 DIAGRAMA DE PARETO

En un plano práctico se debería realizar un estudio con base en los 11 primeros productos que generan el 79.5%. Sólo se trabajará con el producto número porque el objetivo del presente trabajo es proponer un proceso de logística inversa dimensionado al volumen de barredura del principal producto que la genera.

Dicho lo anterior, se tomará como base de cálculo, la información generada por la galleta hojaldrada rectangular tipo “Doradita”. (Fig. 3-4).

MES	2005	2006	2007	2008	2009
ENE	9,080	11,140	7,081	12,477	10,680
FEB	8,071	6,684	9,441	11,229	10,680
MAR	10,089	10,026	7,081	11,229	8,010
ABR	6,053	11,140	7,081	11,229	12,015
MAY	9,080	10,026	10,621	8,734	12,015
JUN	9,080	8,912	10,621	12,477	12,015
JUL	6,053	7,798	11,801	8,734	13,350
AGO	8,071	7,798	11,801	11,229	8,010
SEP	9,080	7,798	10,621	11,229	13,350
OCT	9,080	10,026	7,081	9,981	8,010
NOV	7,062	7,798	7,081	7,486	9,345
DIC	10,089	12,254	17,702	8,734	16,020
TOTAL	100,889	111,396	118,011	124,767	133,504

FIG. 3-4 HISTÓRICO DE VENTAS DE LA GALLETA “DORADA”

La línea de producción que fabrica este producto se conoce como Hojaldre 1 y que junto con esta galleta se producen otros productos como las Orejas y las barras de frutas.

### 3.3. Determinación de las cantidades esperadas de barredura.

El total de barredura histórica en un periodo de 5 años es de 588,567 Kg. Es decir 117,713 Kg/año o en otras palabras 9,809 Kg/mes. Esto sería fácil de considerar como la capacidad del proceso que se espera trabajar, pero de acuerdo a la gráfica de la figura 3-5, los datos tienen un comportamiento no uniforme en la serie de tiempo mensual. Esto implica estudiar algunos de los métodos de pronósticos comentados en el capítulo anterior. Si se comienza usando promedios móviles se puede encontrar el compartimiento que se ve en la línea amarilla. La línea azul muestra el comportamiento del histórico de ventas. La línea roja muestra la tendencia de los datos.

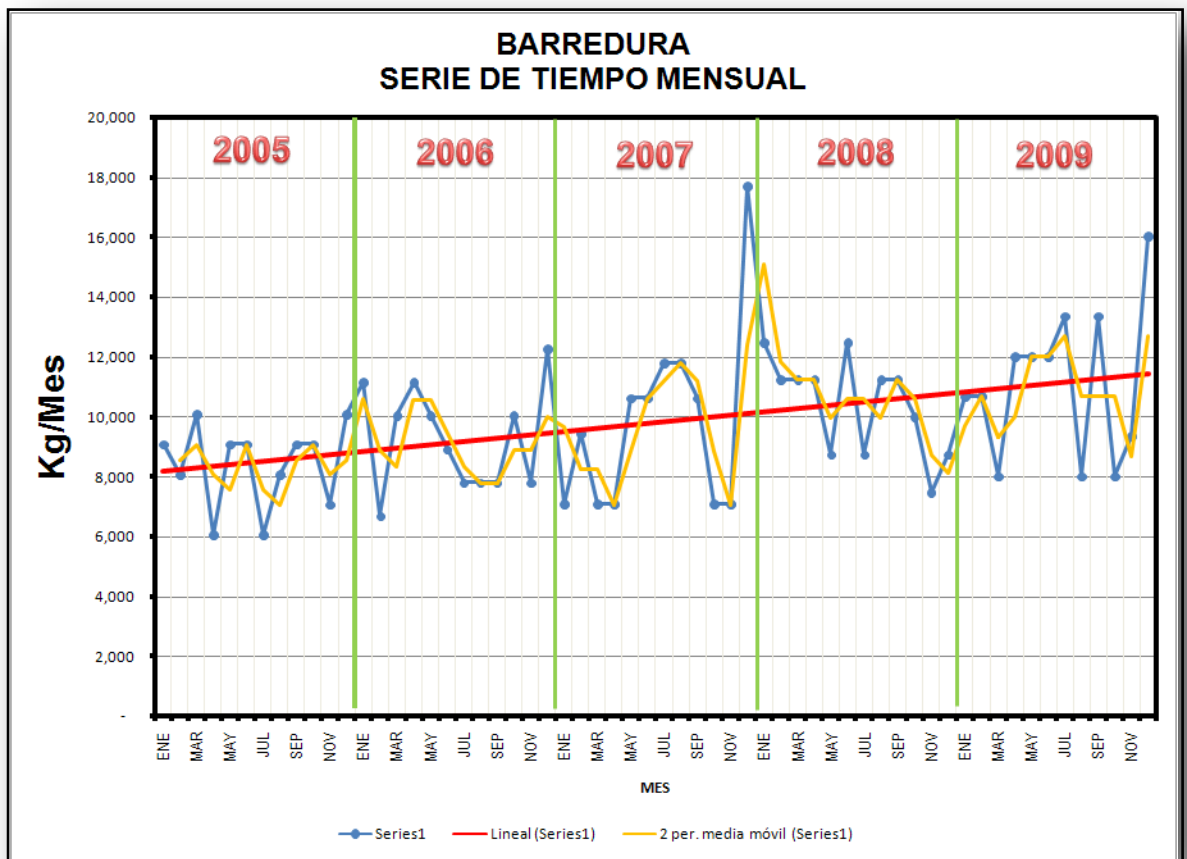


FIG. 3-5 GRÁFICA DE SERIE DE TIEMPO PARA BARREDURA DE GALLETA HOJALDRADA

Para conocer la relación que existe entre dos variables se utiliza el análisis de correlación. La correlación indica la “calidad” de los datos y permite decir cuál técnica para la elaboración de pronóstico del estudio de caso es más conveniente emplear para inferir información futura.

*“El análisis de la correlación es un grupo de técnicas para medir la asociación entre dos variables”<sup>16</sup>*

El primer paso generalmente consiste en hacer un diagrama de dispersión que muestre el comportamiento de las dos variables, que en el presente estudio de caso es la que existe entre el tiempo y los kilogramos de barredura que se generan. La figura 3-8 muestra gráficamente esta correlación.

Los datos muestran la implicación de que en la serie de tiempo de un lustro, el nivel de barredura se incrementa con tendencia positiva y esto es normal que se presente debido a que al aumentar los niveles de producción de la galleta doradita se genera mayor desperdicio.

Se considera que la variable dependiente es aquella variable que se predice o estima y se muestra en el eje Y. La variable independiente es la variable que proporciona la base para la estimación. Es la variable del pronóstico. Se muestra en el eje X.<sup>17</sup>

En este estudio, la variable independiente es el tiempo expresado en meses y la variable dependiente los kilogramos de barredura generadas en ese periodo.

Estas variables integran un par ordenado, es decir un punto que son los que integran el diagrama de dispersión.

---

<sup>16</sup> Lind, Douglas A.; Marchal, William G.; Wathen, Samuel A. *Estadística Aplicada a los negocios y la economía*. Décimo tercera edición. Editorial McGraw Hill Interamericana. China 2008; pp. 458, 459, 538, 602, 606.

<sup>17</sup> Montgomery, Douglas C. y Peck, Elizabeth A. *Introduction to linear regression analysis*. Editorial Wiley. México 2008, pp 301, 302.

---

El coeficiente de correlación, creado por Karl Pearson alrededor del año 1900, describe la fuerza de la relación entre dos conjuntos de variables en escala de intervalo o de razón. Se designa con la letra  $r$  y con frecuencia se le conoce como  $r$  de Pearson y coeficiente de correlación producto-momento. Puede adoptar cualquier valor de -1.00 a +1.00, inclusive.

Un valor de 1 indicaría que el número de mes y los kilogramos de barredura están perfectamente relacionados en un sentido lineal positivo. Si no existiera ninguna relación entre ambas variables, la  $r$  es cero. Un coeficiente de correlación  $r$  cercano a 0, indica que la relación lineal es débil. Para el diagrama de dispersión que representa una fuerte relación hay muy poca dispersión respecto de la recta, indicando un factor de pronóstico.

La siguiente tabla muestra la fuerza y la dirección del coeficiente de correlación.<sup>18</sup>

DIRECCIÓN	FUERZA	R
Positiva	Correlación perfecta	+1.00
Positiva	Correlación fuerte	+0.50 < $r$ < +1.00
Positiva	Correlación moderada	+0.50
Positiva	Correlación débil	0 < $r$ < +0.50
	No hay correlación	0
Negativa	Correlación débil	-0.50 < $r$ < 0
Negativa	Correlación moderada	-0.50
Negativa	Correlación fuerte	-1.00 < $r$ < -0.50
Negativa	Correlación perfecta	-1.00

<sup>18</sup> Lind, Douglas A.; Marchal, William G.; Wathen, Samuel A. *Estadística Aplicada a los negocios y la economía*. Décimo tercera edición. Editorial McGraw Hill Interamericana. China 2008; pp. 462.

### 3.4 Pronóstico de ventas del producto reciclado.

Considerando que los datos de las “Doradas” se comportan de manera lineal, lo primero que se requiere es calcular el coeficiente de correlación de la base de datos históricos.

Para calcular  $r$  se utiliza la fórmula de que se muestra a continuación.

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{(n - 1)s_x s_y} \quad \text{Fórmula 1}$$

La desviación estándar  $s$  para cada variable se calcula con las siguientes fórmulas:

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n - 1)}} \quad \text{Fórmula 2}$$

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{(n - 1)}} \quad \text{Fórmula 3}$$

La realización de los cálculos se puede hacer de manera manual y es más sencillo si se realiza en forma tabular, se tiene que generar una columna con las diferencias de cada mes con respecto a la media, tanto de la variable independiente y de la variable dependiente, encontrar los cuadrados de cada uno y aplicar la fórmula.

Como es fácil de observar, no es complicado realizar las operaciones, quizá solamente es laborioso. Por esta razón es más práctico realizar este proceso con un software de uso específico como MiniTab o Excel.

La serie de tiempo se manejará numéricamente en lugar del nombre del mes por cuestiones de cálculo, es decir que el mes de enero 2005 será el mes 1, el mes de febrero 2005 será el número 2 y así sucesivamente hasta que el mes 60 corresponderá al mes de diciembre del 2009. La base de datos con los cálculos se muestra en la figura 3-9. Se han omitido los cálculos completos y sólo se presentan los iniciales y los finales, esto por razones de espacio, además de que la mecánica del cálculo es la misma para todos los meses.

x MES	y Kg	(x-μ)	(x-μ) <sup>2</sup>	(y-ŷ)	(y-ŷ) <sup>2</sup>	(x-μ)(y-ŷ)
1	9,080	-29.50	870	729	532,027	21,517
2	8,071	-28.50	812	1,738	3,021,676	49,541
3	10,089	-27.50	756	279	78,116	7,686
4	6,053	-26.50	702	3,756	14,108,187	99,536
5	9,080	-25.50	650	729	532,027	18,600
6	9,080	-24.50	600	729	532,027	17,870
7	6,053	-23.50	552	3,756	14,108,187	88,268
58	8,010	27.50	756	1,799	3,237,211	49,479
59	9,345	28.50	812	464	215,469	13,229
60	16,020	29.50	870	6,211	38,576,590	183,225
<b>Prom.</b>	<b>Prom.</b>	<b>Σ =</b>	<b>17,995</b>		<b>313,502,572</b>	<b>984,542</b>
<b>30.5</b>	<b>9,809.5</b>					

FIG. 3-9 TABLA PARA CALCULAR LA CORRELACIÓN

Para calcular la desviación estándar de los meses se utilizará la fórmula 2 presentada anteriormente:

$$s_x = \sqrt{\frac{17,995}{(60 - 1)}} = 17.46$$

Para calcular la desviación estándar de los kilogramos de barredura se utilizará la fórmula 3 presentada anteriormente:

$$s_y = \sqrt{\frac{313,502,572}{(60 - 1)}} = 2,305.13$$

Una vez calculadas las desviaciones estándar se procede al cálculo de la correlación, usando la fórmula 1:

$$r = \frac{984,542}{(60 - 1)(17.46)(2,305.13)} = 0.41$$

De este resultado se puede concluir que la serie de datos histórica de 5 años de la doradita tienen una correlación positiva débil.

Se realiza el diagrama de dispersión y se agregan la línea de tendencia junto con la ecuación lineal así como el valor de la correlación. La ecuación lineal refleja el comportamiento de los puntos sobre la línea, lo que valida que se pueda tomar esta ecuación para pronosticar los siguientes periodos es la correlación, que se considera como  $r^2$ .

La figura 3-7 muestra el diagrama de dispersión, la línea de tendencia, la ecuación de la recta y la correlación cuadrada.



Como se concluyó con el análisis numérico, la correlación de los puntos vistos en la gráfica de dispersión confirma es débil, la línea roja es la tendencia de los datos y se puede observar que no agrupa a la mayoría de los datos, así que la ecuación que se obtiene no es representativa para poder realizar algún pronóstico.

El coeficiente de correlación  $r^2 = 0.1718$ , representa un valor  $r = 0.4144$ .

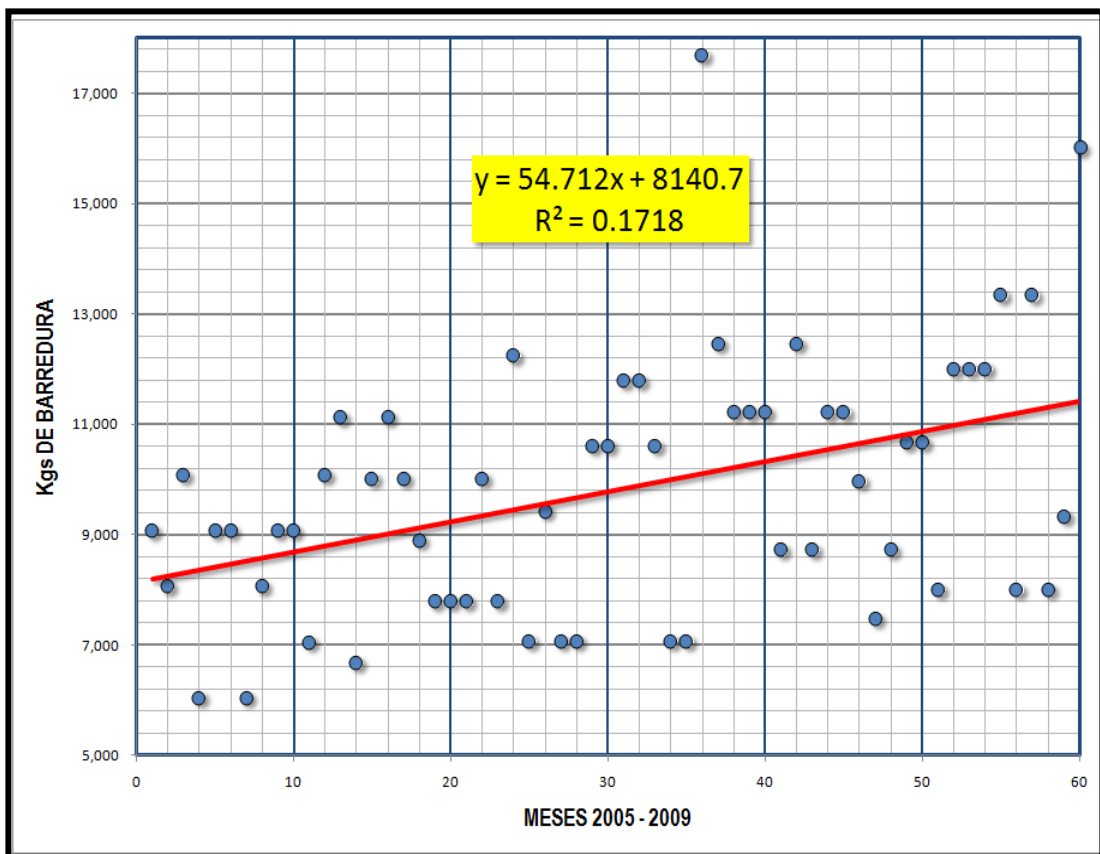


FIG. 3-7 DIAGRAMA DE DISPERSIÓN

Usando la ecuación se pueden pronosticar los meses siguientes, reemplazando el valor de  $x$  por 61, 62, etcétera, obteniéndose la gráfica que se muestra en la figura 3-8.

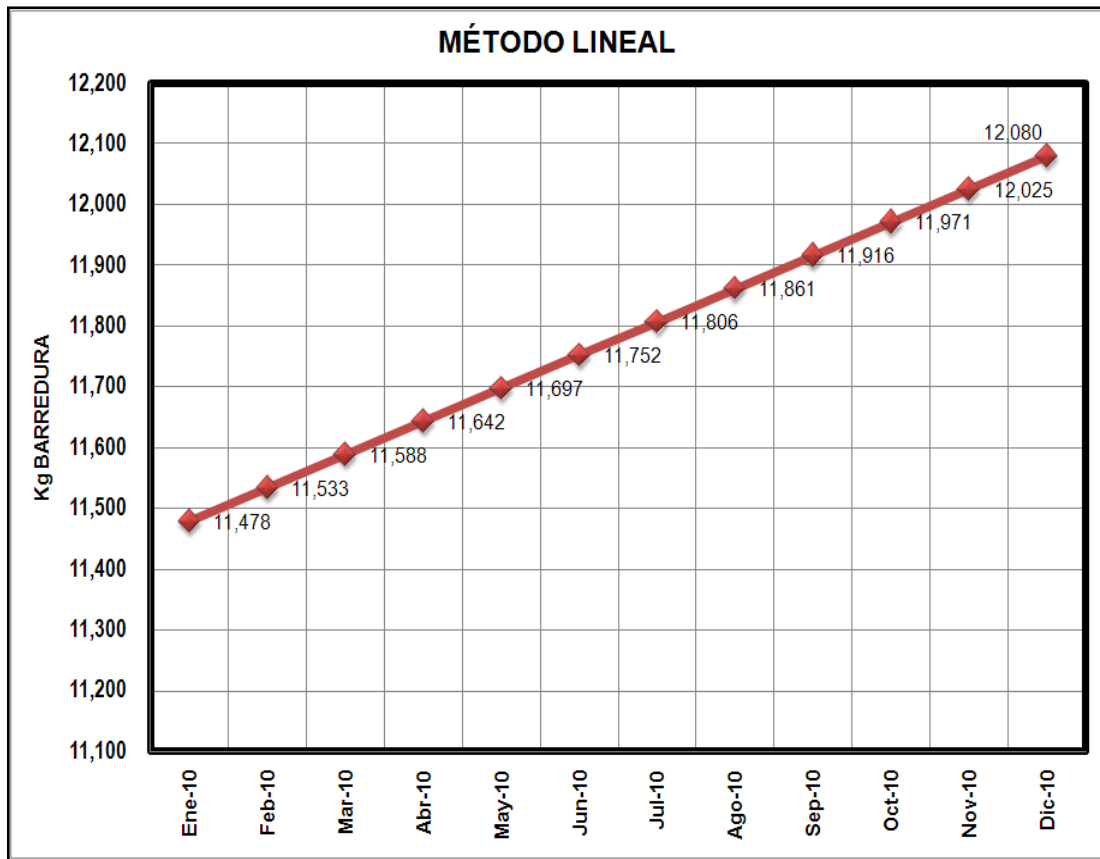


FIG. 3-8 PRONÓSTICO LINEAL

Gráficamente se observa que el comportamiento de los datos dista mucho de parecerse al que muestran los valores de la base de datos de toda la serie de tiempo. Esto también se confirma por la correlación débil obtenida con el análisis numérico.

Ahora se hace necesario un análisis de pronóstico con otro modelo que indique una mejor correlación, es decir, que refleje de mejor manera el comportamiento de la serie de tiempo de los datos.

Empleando un procedimiento similar, se desarrolla un modelo exponencial, obteniéndose la gráfica de la figura 3-9. Para este caso el coeficiente de correlación cuadrado es de 0.1708, lo que significa que  $r = 0.4132$ , es decir que la correlación sigue siendo débil.

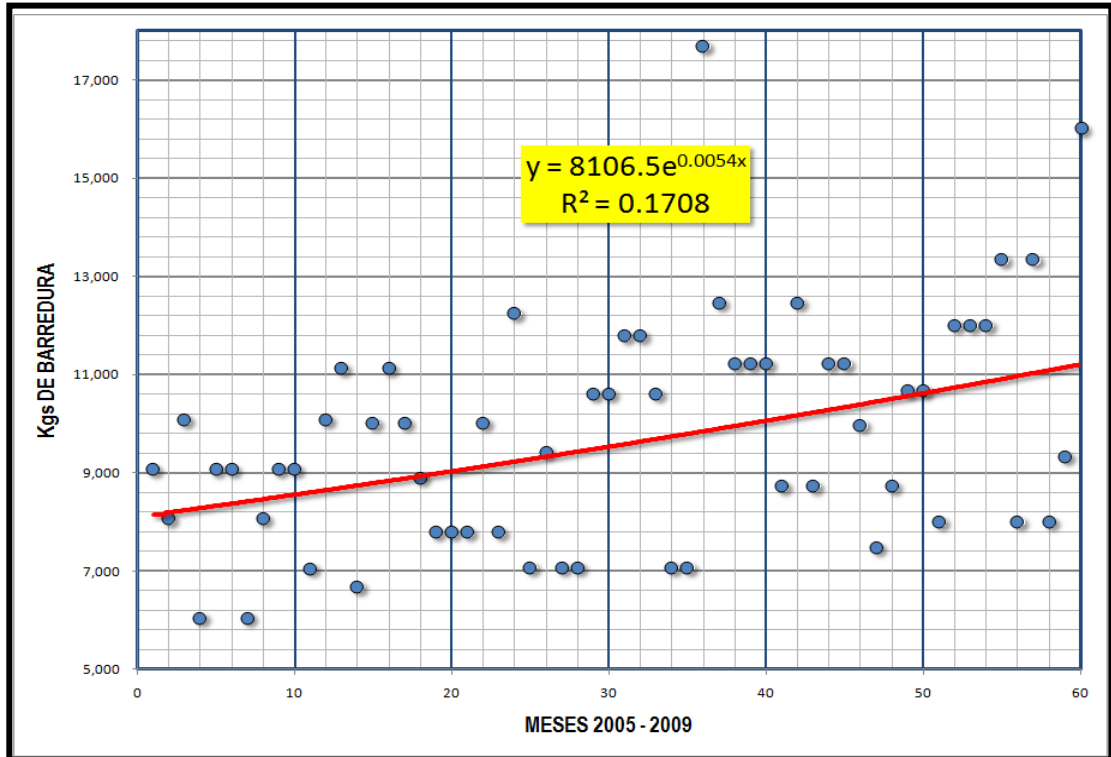


FIG. 3-9 PRONÓSTICO EXPONENCIAL

La regresión lineal no es suficientemente confiable para resolver el problema, la correlación es tan débil que el realizar un pronóstico con alguno de los modelos de regresión lineal generaría información errónea. La tabla siguiente resume el comportamiento de los modelos lineales más utilizados.

MODELO	ECUACIÓN	r <sup>2</sup>	r
LINEAL	$y = 54.712x + 8140.7$	0.1718	0.4144
EXPONENCIAL	$y = 8106.5e^{0.0054x}$	0.1708	0.4132
POLINÓMICA	$y = -0.0048x^3 + 0.3616x^2 + 48.552x + 8150.2$	0.1720	0.4147
POTENCIAL	$y = 7145.7x^{0.0925}$	0.1333	0.3651

## PROMEDIO MÓVILES

Una serie de tiempo es un grupo de datos registrados durante un periodo de tiempo semanal, quincenal, mensual, bimestral, trimestral, semestral o anual, dependiendo el tipo de datos de que se trate.

Un análisis de la historia, que es una serie de tiempo, es útil para la toma de decisiones y planear en base a una predicción de largo plazo. En general se supone que los patrones pasados continuarán en el futuro. Las proyecciones de largo plazo son esenciales a fin de dar tiempo suficiente para que los departamentos de compras, manufactura, ventas, finanzas y otros de una empresa elaboren planes para nuevas plantas, financiamiento, desarrollo de nuevos productos y métodos de ensamble innovadores.<sup>19</sup>

## COMPONENTES DE UNA SERIE DE TIEMPO<sup>20</sup>

Hay cuatro componentes en una serie de tiempo: tendencia, variación cíclica, variación estacional y variación irregular.

<sup>19</sup> Arbones Malisani, Eduardo A. Optimización Industrial (II). Editorial Marcombo. España, 2004; pp. 138, 139 y 140.

<sup>20</sup> Lind, Douglas A.; Marchal, William G.; Wathen, Samuel A. Estadística Aplicada a los negocios y la economía. Décimo tercera edición. Editorial McGraw Hill Interamericana. China 2008; pp. 458, 459, 538, 602, 606

*La tendencia es la dirección uniforme de una serie de tiempo de largo plazo.* Para el estudio de caso se puede afirmar que se cumple con este requisito debido a que año con año las cantidades de barredura se han incrementado de manera proporcional.

*La variación cíclica es el aumento y reducción de una serie de tiempo durante periodos mayores de un año.* De la figura 3-7 se puede inferir que en ciertos meses del año se tienen comportamientos similares, por ejemplo, diciembre es el mes con mayor cantidad de barredura en los últimos cinco años, recordando que a mayor volumen de producción se incrementa el nivel de barredura y generalmente en este mes se incrementan las ventas.

*La variación estacional se refiere a los patrones de cambio en una serie de tiempo en un año.* Estos patrones tienden a repetirse cada año. Muchas series de ventas, de producción y de otro tipo fluctúan con las temporadas. La unidad de tiempo se reporta por trimestre o por mes.

*La variación irregular,* muchos analistas prefieren subdividir la variación irregular en variaciones episódicas y residuales. Después de eliminar las fluctuaciones episódicas, la variación restante se denomina variación residual. Las fluctuaciones residuales, con frecuencia denominadas fluctuaciones azarosas, son impredecibles y no se pueden identificar. Obviamente no se pueden proyectar a futuro ni la variación episódica ni la residual.

La finalidad de un promedio móvil es suavizar una serie de tiempo y apreciar su tendencia, esto se logra, no con una ecuación matemática como los tratados en páginas anteriores, sino con el desplazamiento de valores medios aritméticos en la serie de tiempo.

Para el caso en particular que se está analizando en el presente trabajo, los datos se trabajaron en una página de excel para facilitar las operaciones, obteniéndose la tabla que se muestra en la figura 3-13. El método para realizar

los cálculos con base en el modelo de promedio móviles no es complicado, primeramente se debe definir el número de periodos que se deben promediar.

Dependiendo el tipo de datos, la cantidad de información de que se dispone y el tipo de pronóstico que se requiere proyectar, es la estrategia para definir el número de periodos.

Para la base de datos de la galleta doradita que se mostró en la figura 3-10, se tomará como número de periodos 5, ya que se obtendrá el promedio de los meses de enero, por ejemplo, de los cinco años históricos que se tienen, después febrero y así sucesivamente. Al hacer estos cálculos se obtiene la demanda promedio para cada mes y al final se obtiene una demanda promedio de todos los periodos durante esos cinco años.

MES	DEMANDA PROMEDIO	ÍNDICE ESTACIONAL
ENE	10,091	1.03
FEB	9,221	0.94
MAR	9,287	0.95
ABR	9,504	0.97
MAY	10,095	1.03
JUN	10,621	1.08
JUL	9,547	0.97
AGO	9,382	0.96
SEP	10,416	1.06
OCT	8,836	0.90
NOV	7,754	0.79
DIC	12,960	1.32
<b>PROMEDIO MENSUAL</b>	9,809	

FIGURA 3-10 ÍNDICE ESTACIONAL

El índice estacional es el parámetro que indica cómo se comporta el promedio mensual con respecto al promedio general, es decir se realiza una distribución no uniforme de los datos tratando de reproducir el comportamiento de cada mes de acuerdo a su tendencia histórica. Los datos de esta columna se calculan diviendo el promedio del mes entre el promedio general. Ahora, utilizando el método de regresión lineal, pero utilizando como base de datos los años únicamente, no los meses, se obtiene una correlación positiva fuerte,  $r = 0.9964$ , como se muestra en la figura 3-11. Evaluando la función de regresión para estimar el pronóstico esperado de barredura correspondiente al año 2010 considerado como el periodo 6, se obtiene:

$$y = (7,860)(6) + 94,134 = 141,294 \text{ Kg/año}$$

es decir 141,294 Kg/mes

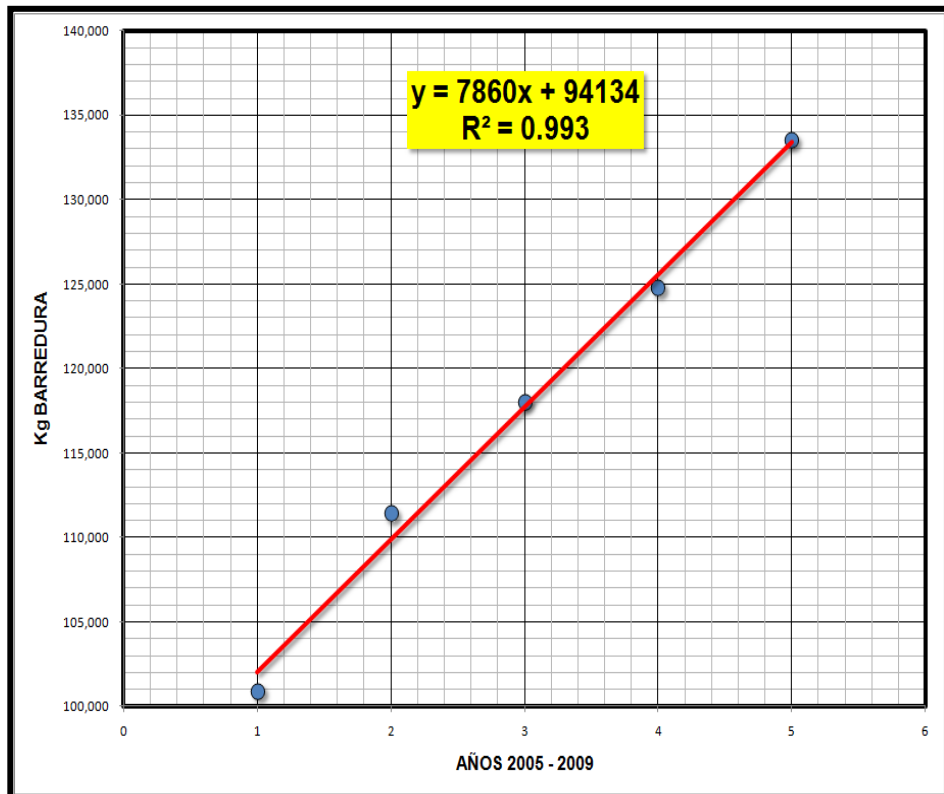


FIG. 3-14 REGRESIÓN LINEAL ANUAL 2005-2009

Usando este valor mensual como base cálculo, lo único que resta es aplicar el factor del Índice estacional de cada mes para obtener el pronóstico de cada mes para el año 2010:

MES	PROMEDIOS MÓVILES 4
61	12,113
62	11,068
63	11,147
64	11,407
65	12,117
66	12,749
67	11,460
68	11,261
69	12,502
70	10,606
71	9,308
72	15,556
<b>TOTAL</b>	<b>141,294</b>

El resultado de graficar estos datos se muestran en la figura 3-12. Lo que se quiere es pronosticar las cantidades futuras de barredura que se espera obtener en el siguiente año para, de esta manera, tener un volumen de producción para el proceso de logística inversa.

El resultado intenta representar la tendencia o dinámica que presentan los datos. El trabajo adicional es el seguimiento para realizar ajuste al pronóstico conforme los datos que se han pronosticado se conviertan en datos históricos. Es importante contar con un buen pronóstico ya que nos proporcionará los niveles de tiempos de producción, personal requerido, consumo de materias primas, consumo de materiales de empaque, necesidades de transporte, necesidades de almacenamiento y el volumen de ventas que se pueden esperar, entre otras variables del proceso.



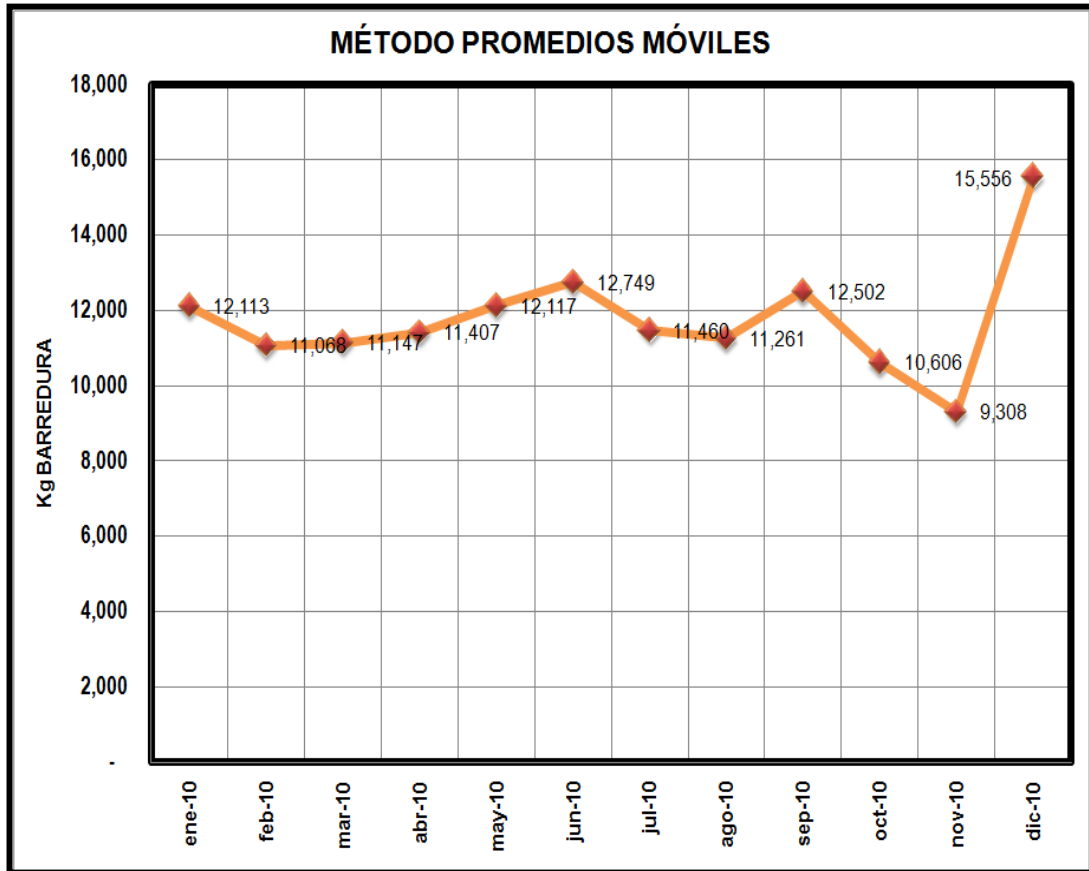


FIG. 3-12 PRONÓSTICO 2010 USANDO PROMEDIOS MÓVILES

Después de concluir el análisis para cada método de pronóstico se concluye que el método más adecuado para reflejar la tendencia de los datos es el de promedios móviles, ya que la correlación fue de 99.6% y es una buena medida de la confiabilidad de los datos que se van a pronosticar.

Con esta información el siguiente paso es elaborar la propuesta de proceso, mismo que se detallará en el capítulo siguiente.

## CAPÍTULO 4

### PROCESO PROPUESTO DE LOGÍSTICA INVERSA

#### 4.1. Proceso de producción de barredura reciclada.

Como es sabido el pronóstico de ventas es la información detonante para poder realizar un buen proyecto de inversión, así como la planeación se convierte ahora en una herramienta estratégica básica para el éxito del diseño de instalaciones.<sup>22</sup>

El proyecto cuenta con un comportamiento dinámico en lo que se refiere a volúmenes mensuales de barredura, el siguiente paso es determinar el proceso que se va a implementar para procesar la barredura.

Un proceso se ha definido como el conjunto o serie de pasos que se ejecutan de manera ordenada, secuencial, con características comunes que tienen como finalidad la realización o logro de los objetivos.<sup>23</sup>

De acuerdo a Lambert<sup>24</sup> los elementos de un sistema de logística inversa son:

- |                              |                                 |
|------------------------------|---------------------------------|
| 1. Coordinación del sistema. | 4. Ordenamiento.                |
| 2. Filtración.               | 5. Procesamiento o Tratamiento. |
| 3. Recolección.              | 6. Sistema de desechos.         |

---

<sup>22</sup> Arbones Malisani, Eduardo A. Optimización Industrial (II). Editorial Marcombo. España, 2004; pp. 138, 139 y 140.

<sup>23</sup> Greene, James H. Control de la Producción. Editorial Diana. México, 2006; pp. 241 y 242.

<sup>24</sup> Lambert, Serge; Riopel Diane y Abdul-Kader, Walid. (2011). A reverse logistics decisions conceptual framework. Computers and Industrial Engineering. 1-21.

La figura 4.1 muestra el diagrama de flujo del modelo propuesto por este autor.

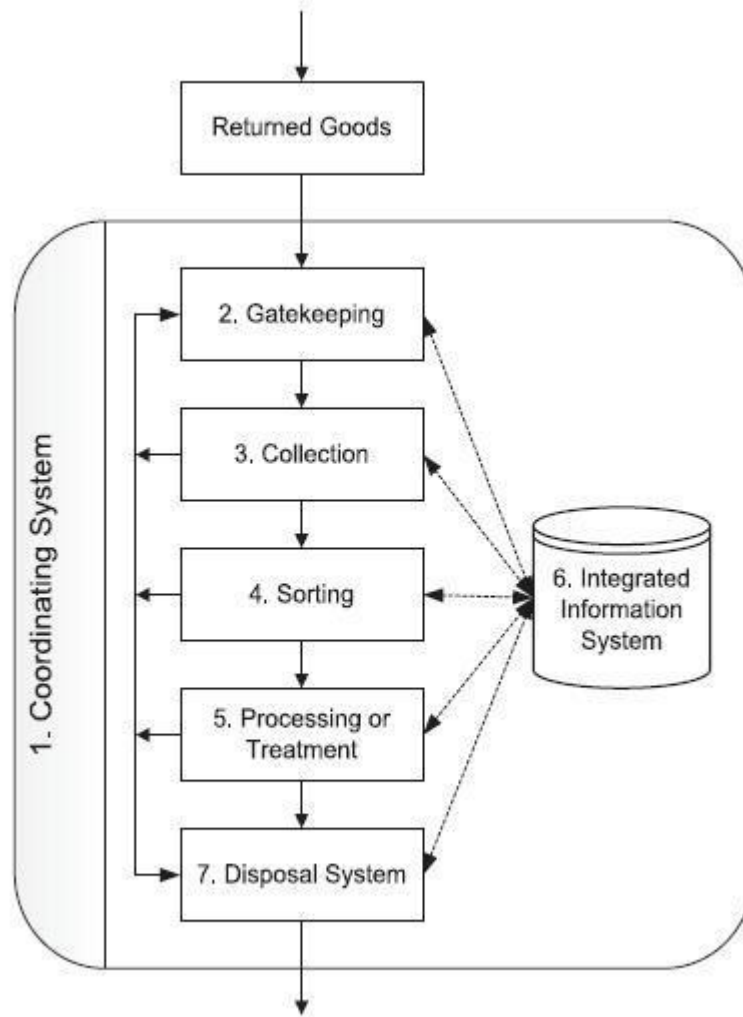


Fig. 1. Reverse logistics system elements.

FIG. 4-1 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE LOGÍSTICA INVERSA (Lambert, Serge; Riopel Diane y Abdul-Kader, Walid. (2011). A reverse logistics decisions conceptual framework. Computers and Industrial Engineering. 1-21)

El proceso de logística inversa propuesto, se muestra en la figura 4-2. El diagrama de boques de proceso nos muestra la serie de pasos que se requieren para procesar la barredura hasta convertirla en un producto nuevo que tiene como público objetivo a los ganaderos de las zonas aldeanas a la planta, que su ubica en el ex Rancho El Coecillo en Santa María Totoltepec, Municipio de Toluca

de Lerdo, Estado de México. El tipo de animales de engorda de la zona está representado por tres especies importantes: ganado bovino, porcino y lanar.

La definición de un diagrama de bloques de proceso indica que es la forma gráfica o descriptiva de ver un sistema y que muestra la relación existente entre sus componentes utilizando flechas para indicar precedencia o dependencia. Por otro lado muestra los subproceso derivados del sistema principal, en el estudio de caso de este trabajo sólo existe el del manejo de las envolturas, el cuál consiste en incinerar el material y disponer de ellas de manera responsable.

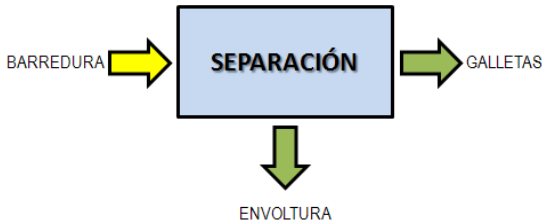


FIG. 4-2 DIAGRAMA DE BLOQUES DE PROCESO

## ETAPA DE SEPARACIÓN

### a. Descripción de la operación.

En esta etapa se recibe la barredura proveniente tanto de los expendios de pan frío como de la planta (entrada). El trabajo consiste en retirar las envolturas de las galletas, colocando el producto en contenedores de acero inoxidable grado sanitario (salida 1) y las envolturas en costales (salida 2). La operación es totalmente manual.



### b. Mano de obra requerida.

Considerando el mes pronosticado con mayor cantidad de Kg de barredura de la figura 3-10, 15,556 Kg para Diciembre, se tendría que hacer un estudio de tiempos y movimientos para determinar el tiempo estándar de esta operación, considerando: 5 segundos por cada paquete, 110 gramos por paquete, se tendría:

$$\frac{110 \text{ g}}{\text{paq}} \times \frac{\text{Kg}}{1000\text{g}} \times \frac{\text{mes}}{15,556 \text{ Kg}} \times \frac{\text{paq}}{5 \text{ seg}} \times \frac{3600 \text{ seg}}{\text{hr}} = 0.00509 \frac{\text{mes}}{\text{hr}}$$

aplicando el inverso de este resultado, se tiene:

$$0.00509^{-1} \frac{\text{mes}}{\text{hr}} = 196.4 \frac{\text{hr}}{\text{mes}}$$

Este resultado representa las horas mensuales que tendría que trabajar una sola persona para realizar esta operación. Si se considera que sólo se va a

trabajar un turno en la primera etapa del proyecto, es decir 48 horas a la semana por cada empleado, se necesitarían  $196.4/48=4.09$  personas.

La figura 4.3 muestra el pronóstico de ventas mensuales convertido a horas requeridas de producción por semana. Como se puede observar la variación en la demanda origina que no sea posible contar con personal de planta ya que en las temporadas bajas se tendría que disponer de menos trabajadores por lo que la recomendación es que se trabaje a través del modelo de *outsourcing*, que puede representar una estrategia de contratación más flexible.

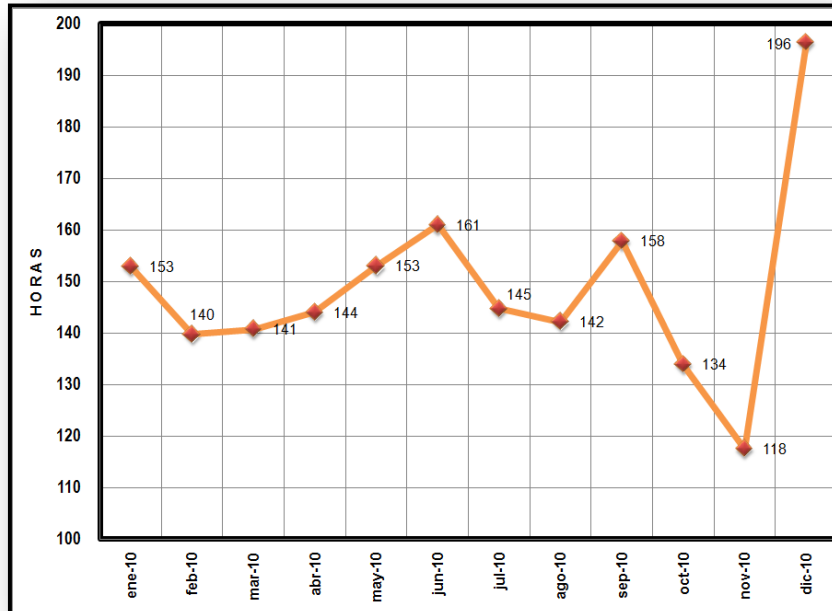


FIG. 4-3 REQUERIMIENTO DE HORAS MENSUALES

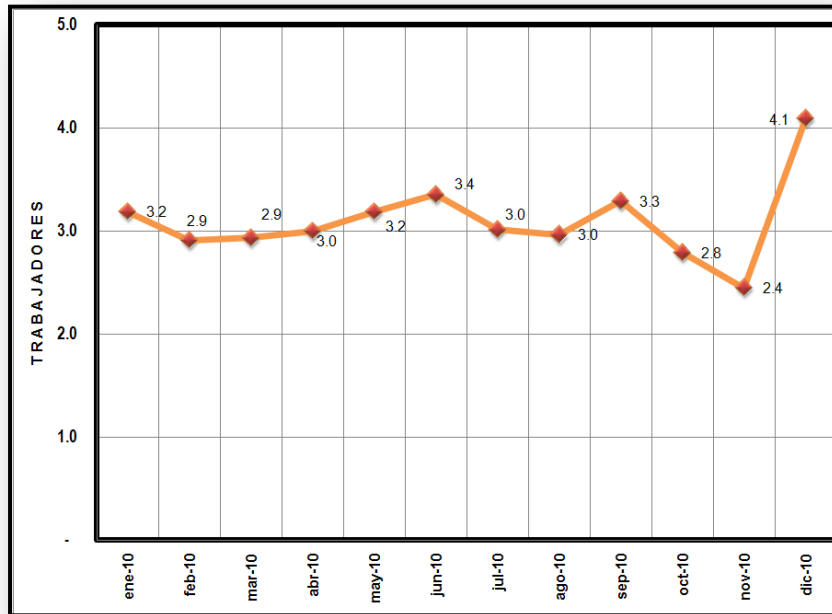


FIG. 4-4 REQUERIMIENTO DE PERSONAL

La figura 4-4 muestra la gráfica equivalente por personal que se requiere para el pronóstico del año 2010. El promedio anual es de 3 personas, los picos se pueden cubrir con tiempo extra sin necesidad de agregar al cuarto trabajador.

**c. Maquinaria y equipo requerido.**

Esta etapa del proceso es manual por lo que no se tiene contemplada ninguna maquinaria, en lo que respecta al equipo se requieren cuatro contenedores de acero inoxidable grado sanitario y una mesa de trabajo para realizar la separación.

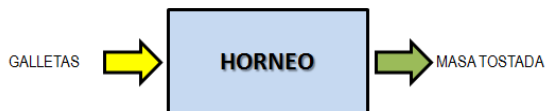


FIG. 4-5 EQUIPO PARA SEPARACIÓN

## ETAPA DE HORNEO

### a. Descripción de la operación.

En esta etapa del proceso se pretende hornear toda la barredura con la finalidad de contar con un producto seco que tenga más vida útil. Se cargaría y se descargaría el horno de manera manual y se transportaría con ayuda de contenedores con rodamiento hasta el molino.



La materia prima para este proceso es la galleta sin envoltura y lo que se obtiene como producto terminado de este paso es la galleta tostada, el valor agregado en esta operación es la mano de obra asignada a esta área y el consumo de combustible que necesita el horno.



Considerando nuevamente la demanda máxima que se presenta en el mes de Diciembre, 24 días hábiles al mes se tendrían que procesar diariamente  $15,556/24= 648.167$  Kg/día.

Ahora se tendrían que cotizar hornos panaderos, que son de menor tamaño que los hornos industriales y dependiendo de sus especificaciones se pueden definir los tamaños de los baches o lotes de cada carga.

Por ejemplo, si se decide comprar un horno para 300 kg de producto, se harían únicamente 2 baches por turno, si se decide adquirir uno para 100 Kg, se trabajarían 6 cargas al día.

**b. Mano de obra requerida.**

Como planta piloto el horno será de tipo comercial con capacidad para cargas de 50 kg, por lo que la mano de obra sólo consistirá de un operador que cargará y descargará el horno 12 veces en su turno.

**c. Maquinaria y equipo requerido.**

Se puede contar con un horno como el de la figura 4-6 con cargas pequeñas, son económicos y de fácil mantenimiento. La idea es que conforme se comience a incrementar la demanda se incremente la capacidad de éstos. También se deben tener previstas las charolas para transportar la galleta tostada desde el horno hacia el molino.



FIG. 4-6 EQUIPO PARA HORNEO

## ETAPA DE MOLIENDA

### a. Descripción del proceso.

En esta etapa del proceso la masa tostada que sale del horno se deposita en el molino que se muestra en la figura 4-7, que tiene una capacidad similar a la del horno. Tiene como finalidad encontrar un tamaño de partícula adecuado para el consumo animal y poder empacarlo sin problemas. Cuando se cumple el ciclo de molienda, se trasvasa a contenedores para ser empacado.



### b. Mano de obra requerida.

Las bondades que tiene este proceso, es que mientras se está horneando la galleta, el operador mismo puede encargarse de colocar la masa tostada en el molino. Por esta razón en esta área no se tendrían trabajadores.

### c. Maquinaria y equipo.

El equipo necesario para esta etapa del proceso es un molino comercial como el que se muestra en la figura 4-7. Con una capacidad similar al horno para mantener un balance de la línea. El que se muestra en la ilustración es para 50 kilogramos.

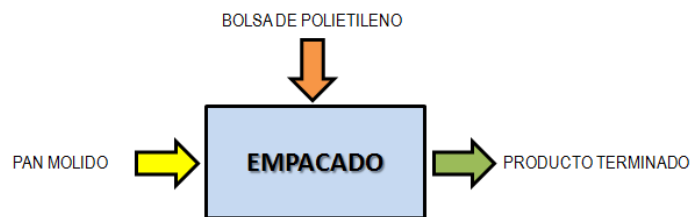


FIG. 4-6 EQUIPO PARA MOLIENDA

## ETAPA DE EMPACADO

### a. Descripción del proceso.

En esta etapa el producto molido obtenido se pesa, se empaca con polietileno y se sella para su conservación en bolsas de 10 Kg, que es el tamaño que se definió como la mejor opción para el manejo, tanto interno como de los clientes potenciales. En esta etapa se agrega al bloque el material de empaque.



### b. Mano de obra requerida.

De acuerdo al pronóstico más alto que se ha estado manejando a lo largo de este trabajo, esta área produciría  $648.167 \text{ Kg/día} / 10 \text{ Kg/bolsa} = 64 \text{ bolsas/día}$ . Una persona sería suficiente para atender esta demanda.

### c. Maquinaria y equipo requerido.

Para esta operación no se requiere equipo sofisticado de empaque, el ritmo de producción no amerita la inversión de un gran equipo, bastaría con una selladora comercial como el que se muestra en la figura siguiente.

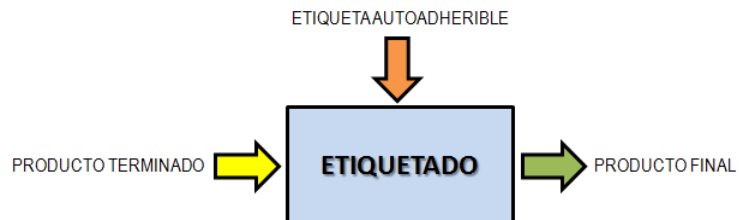


FIG. 4-8 EQUIPO PARA EMPAQUE

## ETAPA DE ETIQUETADO

### a. Descripción del proceso.

Esta etapa es importante ya que es necesaria para el control de los inventarios. Con una máquina etiquetadora sencilla se pueden registrar un código de barra, la fecha de caducidad, el número del lote, la identificación del producto y los datos del fabricante. Como el ritmo de producción no es de alta exigencia no se requiere de una etiquetadora de inyección de tinta o algún método electrónico, se puede realizar con etiquetas auto-adheribles. La colocación sobre la bolsa se haría de manera manual.



**b. Mano de obra requerida.**

Esta operación puede llevarse a cabo con la misma persona que se encarga de operar la selladora ya que es una operación que se puede hacer simultáneamente.

**c. Maquinaria y equipo requerido.**

Como se mencionó anteriormente, una etiquetadora sencilla es suficiente para esta operación. En la figura 4-9 se muestra una máquina que funciona con etiquetas auto-adheribles de carrete continuo con la capacidad necesaria y las funciones mínimas para identificar nuestros productos.

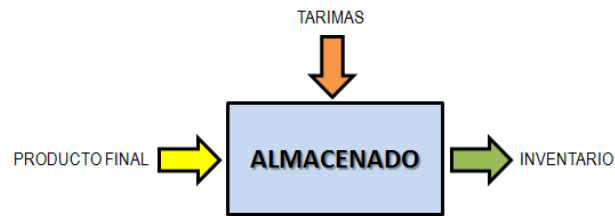


FIG. 4-9 EQUIPO PARA ETIQUETADO

**ETAPA DE ALMACENADO**

**a. Descripción del proceso.**

El paso final del proceso es el control de inventario, para esto se coloca el producto sobre tarimas y se almacena hasta que se realice la venta y se cargue en el transporte del cliente.



### b. Mano de obra requerida.

En esta última etapa sólo se requiere de un ayudante general, que no sólo va a realizar maniobras de carga y descarga del producto, sino que también ayudaría en las otras áreas del proceso. Las bolsas con producto al ser de 10 kg son manejables sin necesidad de maquinaria pesada como un montacargas por ejemplo.

### c. Maquinaria y equipo requerido.

Sólo se necesitan tarimas y un patín para desplazar las tarimas. Esta presentación del producto permitirá que los ganaderos de la zona puedan comprar por tarimas o por bolsas, de acuerdo a sus necesidades.



FIG. 4-10 TARIMA PARA ALMACENAMIENTO

## 4.2 Estudio beneficio-costo

Idealmente una cadena como la que se ha tratado en este trabajo es llamada también como cadena de suministro circular (ya que el flujo inverso cierra el círculo) mejora el aprovisionamiento de los productos, servicios e información mejor de lo que haría una cadena de suministro tradicional ya que reduce costos a la vez que reduce el impacto ambiental.

En la figura 4-10 se muestran los beneficios derivados de la implementación de un sistema de logística inversa, que se tienen en el servicio y en el mercado, los costos relacionados con la operación y la seguridad ambiental, de manera global. (Fuente: Krikke, Harold, 2003)

Servicio / Mercado	Costos	Seguridad Ambiental
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El servicio de retorno mejora la satisfacción del cliente</li> <li>• Reducción del tiempo de investigación y desarrollo (tiempo de introducción al mercado)</li> <li>• Incrementa la disponibilidad de partes de repuesto</li> <li>• Retroalimentación oportuna a través de recuperación temprana</li> <li>• Mejora en la calidad del producto a través de la reingeniería</li> <li>• Reparaciones proactivas</li> <li>• Imagen "Verde"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción del riesgo de responsabilidades legales</li> <li>• Recuperación del valor de los materiales y los componentes</li> <li>• Recupera el valor de la mano de obra</li> <li>• Evita los costos de disposición</li> <li>• Reduce el riesgo por obsolescencia a través de retornos oportunos</li> <li>• Menor producción nueva de partes de repuesto</li> <li>• Reducción de retornos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduce el impacto ambiental</li> <li>• Cumplimiento de la legislación vigente</li> <li>• Recuperación mas confiable de productos defectuosos</li> </ul>

FIG. 4-10 SUMARIO DE LOS BENEFICIOS DE LA LOGÍSTICA INVERSA

Con base al proceso mostrado en la figura 4.2 el siguiente paso consistiría en cotizar maquinaria y equipo de acuerdo a las capacidades analizadas en cada etapa del mismo. La tabla siguiente muestra una cotización basada en equipo de semi-nuevo.

El costo total por este concepto sería de \$45,150. La cantidad que se requiere invertir no es muy alta porque esta propuesta está enfocada como una prueba piloto para resolver el problema de un producto solamente. Las cantidades que se manejan como barradura representan aproximadamente el 5%

de la producción directa, lo que implica que este proceso de logística inversa sea una fracción del tamaño de lo que debe ser una línea de producción directa.

Cantidad	Maquinaria	Precio Unitario	Subtotal
1	Horno Panadero	\$ 15,900.00	\$ 15,900.00
4	Contenedores de acero inoxidable	\$ 1,487.50	\$ 5,950.00
1	Mesa de trabajo	\$ 1,980.00	\$ 1,980.00
1	Molino comercial	\$ 8,500.00	\$ 8,500.00
1	Selladora de pedal	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00
1	Etiquetadora	\$ 3,200.00	\$ 3,200.00
1	Patín	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00
4	Tarimas	\$ 280.00	\$ 1,120.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 45,150.00</b>

Otro factor importante es la mano de obra, que también representa un costo y que se resume en el cuadro básico siguiente. Para su cálculo se consideraron dos salarios mínimos de \$58.82 para la zona A de acuerdo a la página electrónica de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. El responsable de esta línea de producción será el hornero, por eso se le consideró un salario de 3 veces el mínimo. El costo anual por este concepto sería de \$195,970.32 por año.

Cantidad	Puesto	Salario
3	Desempacadoras	\$ 119.64
1	Hornero/Molinero	\$ 179.46
1	Empacador/Etiquetador	\$ 119.64
1	Ayudante general	\$ 119.64
6	Nómina/día	\$ 538.38
	Nómina/semanal	\$ 3,768.66
	<b>Nómina/año</b>	<b>\$ 195,970.32</b>

La inversión en el primer año sería de:

$$\$45,150.00 + \$195,970.32 = \$241,120.32$$

Considerando que la materia prima es la devolución, no es requerida la compra de materias primas para esta propuesta de logística inversa y precisamente esta es una de sus bondades.



Una vez calculado el concepto de los costos, el siguiente paso es estimar las ventas posibles. Para esto se considera un precio de venta de \$3.00 por cada kilogramo de producto tostado, molido, empacado y etiquetado. Tomando en cuenta que el pronóstico de ventas estimado considera 141,294 Kg por año de la galleta como devolución, se tiene:

$$141,294 \text{ Kg/año} \times 3.00 \text{ \$/Kg} = 423,882.00 \text{ \$/año}$$

Concepto	Cantidad
Inversión Total	\$ 241,120.32
Producción anual	141,294.00
Costo unitario/Kg	\$ 3.00
Ventas	\$ 423,882.00
<b>Beneficio/Costo</b>	<b>1.76</b>

La utilización del estudio Beneficio/Costo relación por medio de la división de los conceptos de los beneficios costeados que ofrece un proyecto entre los costos generados por el mismo. Un cociente mayor que uno indica que el proyecto es viables en un primer análisis a reserva de realizar un análisis de proyecto más completo y si por el contrario el cociente es menor se infiere que el proyecto no es factible. Aunque esta técnica se utiliza principalmente a los proyectos del sector público, donde los beneficios están enfocados al número de población que recibe las bondades delos programas públicos, también se puede aplicar a proyectos del sector privado. (*Ref. Tarquin, Ingeniería económica*)

$$B/C = \$423,882/\$241,120.32 = 1.76$$

De acuerdo a los criterios seleccionados a lo largo de este trabajo, la propuesta de logística inversa es factible y representa una opción de negocio, al igual que la venta de devolución sin reciclar, pero se tiene la ventaja de ser amigable con el medio ambiente y ser una empresa socialmente responsable.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se cumplió el objetivo porque de acuerdo a los resultados arrojados por la información analizada bajo las herramientas seleccionadas en este trabajo, la propuesta de logística inversa es un proceso factible que puede representar ganancias para la empresa de manera amigable y actuando como una empresa socialmente responsable.
- La logística inversa, verde o de reversa es un intento de conciliar los intereses de las industrias con las necesidades de cuidado del medio ambiente, buscando que las empresas se hagan responsables de los productos secundarios de sus procesos. Las empresas socialmente responsables buscan en la logística inversa respuestas a estas inquietudes. Es factible la optimización de los procesos de recuperación de barredura que actualmente tienen implementadas las empresas de panificación y galletas, a través de la concesión de este subproceso en manos de terceros.
- El proceso de venta de barredura como resultado de un subproceso más profesional, con enfoque de microempresa, mejora las condiciones sanitarias de la empresa y se optimización los márgenes de utilidad, al evitar que el producto se fermente y se tenga que tirar a la basura. La aplicación de las herramientas estadísticas ayudan en una primera etapa para identificar los productos que generan mayor barredura, en este trabajo sólo se considero uno, que sirvió como base de cálculo para dimensionar el proceso propuesto. La selección de un buen método para pronosticar es esencial porque en base a esta información se hará la selección de la maquinaria y equipo, además de la mano de obra necesaria.
- La propuesta de proceso para un producto, resultó de un tamaño que por sus dimensiones entraría en la categoría de micro-empresa. El proceso propuesta cubre la demanda de un producto, que en el Pareto representó el 17.2% del

total de barredura, casi una quinta parte del total. Extrapolando esto significa que el proceso propuesto tiene un área de oportunidad de crecimiento de hasta cinco veces más. Si esta situación se presentara, se podría emigrar de micro a mediana empresa.

- Existe un área de oportunidad de comercializar el producto obtenido de este proceso porque se ofrece alimento para ganado, tostado, de fácil digestión para los animales, que debido a su presentación en bolsa resistente de polietileno debidamente sellado y etiquetado, se puede estibar de manera higiénica en las bodegas de los clientes y con mejor vida útil. La tecnología que requiere esta propuesta de proceso no es sofisticada y se encuentra disponible en el país. Los insumo adicionales que se incluyeron en los diagramas de bloque como la bolsa de polietileno y las etiquetas son de uso comercial. En conclusión es viable en la parte de maquinaria y equipo.
- En lo referente a mano de obra, no se requiere de obreros especializados, ya que son operaciones manuales fáciles de realizar. En lo concerniente al mantenimiento, al ser equipos comerciales existen disponibles talleres de servicio al cliente y refacciones fáciles de adquirir. Bajo las perspectivas mencionadas anteriormente, esta propuesta de proceso tiene un área de oportunidad viable.
- Quedan como líneas posibles de investigación la elaboración del proyecto y su implementación, actividades que deben realizarse en campo, además del estudio de los productos pendientes en el Pareto, así como las posibilidades de crecimiento a futuro de esta micro-empresa. Este trabajo se enfocó a la industria de la panificación, pero la propuesta se puede extrapolar a otros ramos como la producción de cereales, tortillas o algunos otros similares del ramo alimenticio.

## ANEXO 1

EMPRESA PANIFICADORA, S.A. DE C.V.  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN  
HISTÓRICO DE BARREDURA (Kg/Año)

Valores							
Nº	Rótulos de fila	Suma de 2005	Suma de 2006	Suma de 2007	Suma de 2008	Suma de 2009	Suma de TOTAL
1	BARRA DE AVENA	2,156	2,369	2,547	2,710	2,852	12,633
2	BARRA DE CHOCOLATE	613	659	701	762	802	3,538
3	BARRA DE FRESA	51,471	55,761	60,512	66,351	73,070	307,164
4	BARRA DE FRUTAS SECAS	1,552	1,651	1,775	1,869	1,988	8,835
5	BARRA DE LINAZA	12,367	13,442	14,228	15,407	16,598	72,041
6	BARRA DE MANZANA	1,837	2,014	2,194	2,354	2,615	11,014
7	BARRA DE NUEZ	19,418	20,879	22,944	24,671	27,413	115,325
8	BARRA DE PIÑA	23,064	24,903	26,797	29,075	31,383	135,222
9	BIGOTES RELLENOS DE CHOCOLATE	33,509	35,867	37,871	40,030	44,181	191,457
10	BOLLOS	3,394	3,689	4,054	4,407	4,842	20,387
11	CHOCOCHISPAS	8,400	9,027	10,030	10,900	12,102	50,459
12	CUERNITOS	37,702	40,181	42,479	45,342	49,250	214,954
13	DORADAS	100,889	111,396	118,011	124,767	133,504	588,567
14	DUQUESAS CHOCOLATE	5,390	5,753	6,197	6,844	7,225	31,410
15	DUQUESAS VAINILLA	212	228	243	270	297	1,250
16	GALLETA SANDWICH	50,311	55,755	60,758	66,836	73,456	307,116
17	GALLETA SANDWICH HOJALDRADO	10,146	10,885	11,901	12,837	14,157	59,927
18	GALLETAS DELICIOSAS	31,211	34,298	37,280	39,660	43,582	186,032
19	GALLETAS DIAMANTES	3,562	3,789	4,210	4,479	4,922	20,963
20	MANTECADAS	40,764	44,643	48,509	53,003	57,530	244,449
21	OREJAS	16,687	17,887	19,678	21,469	23,115	98,836
22	PANQUE DE NARANJA	3,078	3,393	3,598	3,869	4,206	18,144
23	PANQUE DE NATA	5,957	6,613	7,177	7,814	8,419	35,980
24	PANQUE DE NUEZ	34,461	37,516	40,214	43,617	48,088	203,895
25	PANQUE DE PASAS	17,692	18,880	20,290	22,197	23,450	102,508
26	PANQUE NATURAL	197	216	229	250	269	1,161
27	POLVORONES	38,428	41,416	44,362	48,635	52,714	225,555
28	TARTINAS DE FRESA	15,572	16,952	18,587	20,440	21,582	93,133
29	TARTINAS DE PIÑA	9,595	10,550	11,355	12,471	13,128	57,099
	<b>Total general</b>	<b>579,634</b>	<b>630,612</b>	<b>678,734</b>	<b>733,336</b>	<b>796,741</b>	<b>3,419,056</b>

### REPORTE HISTÓRICO DE BARREDURA POR AÑO/PRODUCTO

## ANEXO 2

EMPRESA PANIFICADORA, S.A. DE C.V. DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN HISTÓRICO DE BARREDURA (Kg/Año)									
N°	Rótulos de fila	Valores					Suma de TOTAL	% Rel	% Acum
		Suma de 2005	Suma de 2006	Suma de 2007	Suma de 2008	Suma de 2009			
1	DORADAS	100,889	111,396	118,011	124,767	133,504	588,567	17.2%	17.2%
2	BARRA DE FRESA	51,471	55,761	60,512	66,351	73,070	307,164	9.0%	26.2%
3	GALLETAS SANDWICH	50,311	55,755	60,758	66,836	73,456	307,116	9.0%	35.2%
4	MANTECADAS	40,764	44,643	48,509	53,003	57,530	244,449	7.1%	42.3%
5	POLVORONES	38,428	41,416	44,362	48,635	52,714	225,555	6.6%	48.9%
6	CUERNITOS	37,702	40,181	42,479	45,342	49,250	214,954	6.3%	55.2%
7	PANQUE DE NUEZ	34,461	37,516	40,214	43,617	48,088	203,895	6.0%	61.2%
8	BIGOTES RELLENOS DE CHOCOLATE	33,509	35,867	37,871	40,030	44,181	191,457	5.6%	66.8%
9	GALLETAS DELICIOSAS	31,211	34,298	37,280	39,660	43,582	186,032	5.4%	72.2%
10	BARRA DE PIÑA	23,064	24,903	26,797	29,075	31,383	135,222	4.0%	76.2%
11	BARRA DE NUEZ	19,418	20,879	22,944	24,671	27,413	115,325	3.4%	79.5%
12	PANQUE DE PASAS	17,692	18,880	20,290	22,197	23,450	102,508	3.0%	82.5%
13	OREJAS	16,687	17,887	19,678	21,469	23,115	98,836	2.9%	85.4%
14	TARTINAS DE FRESA	15,572	16,952	18,587	20,440	21,582	93,133	2.7%	88.2%
15	BARRA DE LINAZA	12,367	13,442	14,228	15,407	16,598	72,041	2.1%	90.3%
16	GALLETAS SANDWICH HOJALDRADO	10,146	10,885	11,901	12,837	14,157	59,927	1.8%	92.0%
17	TARTINAS DE PIÑA	9,595	10,550	11,355	12,471	13,128	57,099	1.7%	93.7%
18	CHOCOCHISPAS	8,400	9,027	10,030	10,900	12,102	50,459	1.5%	95.2%
19	PANQUE DE NATA	5,957	6,613	7,177	7,814	8,419	35,980	1.1%	96.2%
20	DUQUESAS CHOCOLATE	5,390	5,753	6,197	6,844	7,225	31,410	0.9%	97.1%
21	GALLETAS DIAMANTES	3,562	3,789	4,210	4,479	4,922	20,963	0.6%	97.7%
22	BOLLOS	3,394	3,689	4,054	4,407	4,842	20,387	0.6%	98.3%
23	PANQUE DE NARANJA	3,078	3,393	3,598	3,869	4,206	18,144	0.5%	98.9%
24	BARRA DE AVENA	2,156	2,369	2,547	2,710	2,852	12,633	0.4%	99.2%
25	BARRA DE MANZANA	1,837	2,014	2,194	2,354	2,615	11,014	0.3%	99.6%
26	BARRA DE FRUTAS SECAS	1,552	1,651	1,775	1,869	1,988	8,835	0.3%	99.8%
27	BARRA DE CHOCOLATE	613	659	701	762	802	3,538	0.1%	99.9%
28	DUQUESAS VAINILLA	212	228	243	270	297	1,250	0.0%	100.0%
29	PANQUE NATURAL	197	216	229	250	269	1,161	0.0%	100.0%
<b>Total general</b>		<b>579,634</b>	<b>630,612</b>	<b>678,734</b>	<b>733,336</b>	<b>796,741</b>	<b>3,419,056</b>		

### REPORTE HISTÓRICO CON % RELATIVOS Y % ACUMULADOS

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Agencia:**

Es un almacén de producto terminado que se ubica físicamente fuera de la empresa y que tiene como función guardar el producto además de servir como garaje de las camionetas de reparto. Cuentan con oficinas administrativas y áreas de recibo de devoluciones de producto. Estratégicamente sirven para cubrir una zona de mercado específico, de tal manera que a mayor número de agencias mayor cobertura de clientes.

**Barredura:**

Es el producto que ha cumplido con su ciclo de vida útil, que ha regresado de un mercado alterno y que se destina como alimento para ganado.

**BOPP:**

Material de envoltura de la mayoría de los productos alimenticios, conocido como polipropileno biorientado (BOPP, por sus siglas en inglés).

**Clientes directos:**

Son todos aquellos que integra la cadena de suministro directo, es decir el propósito de existir de la empresa y está integrado por las cadenas de autoservicio, grandes almacenes y tiendas de conveniencia. El producto que reciben se conoce como pan fresco.

**CLM, Council of Logistics Management:**

Consejo de Gestión de la Logística.

**Expendio:**

Es el lugar donde el producto que se recoge como devolución de los clientes directos se concentra y se pone en exhibición al consumidor hasta que alcanza su fecha de caducidad. Se promociona a un mejor precio y se elaboran paquetes con la finalidad de acelerar su desplazamiento.

**Fecha de caducidad:**

Es la fecha en que el producto debe retirarse del alcance del consumidor ya que ha cumplido su fecha de caducidad. Esta fecha se alcanza en los expendios de pan frío.

**Fecha de recogido:**

Es la fecha en que el vendedor retira el producto en los puntos de venta de los clientes directos. Generalmente se recoge antes de que se alcance la fecha de caducidad. Esta fecha está en función del tipo de producto.

**Pan frío:**

Es la denominación que se da al producto de devolución y que se exhibe en los expendios, con la finalidad de lograr desplazar la mayor cantidad de producto posible antes de que se cumpla la fecha de caducidad.

**Trazabilidad:**

En los productos de panificación se tienen codificadas las envolturas para que se pueda identificar la fecha de elaboración, el lote, la fecha de recogido y la fecha de caducidad. Esto permite que la empresa pueda rastrear adecuadamente sus devoluciones.

**Vida de anaquel:**

Es el tiempo que el producto permanece en exhibición en los nichos de los clientes directos. Es el tiempo que dura el producto fresco.

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- FIG. 1-1 Ciclo logístico directo ..... 4
- FIG. 1-2 Marco de referencia de la logística inversa ..... 8
- FIG. 1-3 Ejemplo de barredura ..... 14
- FIG. 1-4 Pan dulce ..... 15
- FIG. 1-5 Galletería ..... 15
- FIG. 1-6 Pastelería ..... 15
- FIG. 1-7 Fecha de caducidad pan dulce ..... 16
- FIG. 1-8 Diagrama de proceso ..... 18
- FIG. 1-9 Separación de envoltura ..... 19
- FIG. 1-10 Contaminación de ríos ..... 20
- FIG. 1-11 Producto contaminado ..... 21

### CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

- FIG. 2-1 Proyectos de logística inversa por región ..... 25
- FIG. 2-2 Proyectos de logística inversa por sector ..... 26
- FIG. 2-3 Proyectos de logística inversa por año ..... 27
- FIG. 2-4 Líneas de regresión ..... 33

### CAPÍTULO 3: CONSTRUCCIÓN DEL PROCESO

- FIG. 3-1 Tabla de Pareto ..... 35
- FIG. 3-2 Gráfica de Pareto en Excel ..... 36
- FIG. 3-3 Gráfica de Pareto en Minitab ..... 37
- FIG. 3-4 Reporte histórico de barredura por producto ..... 38



- FIG. 3-5 Base de datos ordenada de mayor a menor ..... 40
- FIG. 3-6 Diagrama de Pareto ..... 41
- FIG. 3-7 Histórico de ventas de la galleta “doradas” ..... 42
- FIG. 3-8 Gráfica de serie de tiempo para barredura ..... 43
- FIG. 3-9 Tabla para calcular la correlación ..... 47
- FIG. 3-10 Diagrama de dispersión ..... 49
- FIG. 3-11 Pronóstico lineal..... 50
- FIG. 3-12 Pronóstico exponencial ..... 51
- FIG. 3-13 Índice estacional ..... 54
- FIG. 3-14 Regresión lineal anual 2005-2009 ..... 55
- FIG. 3-15 Pronóstico 2010 usando promedios móviles ..... 57

**CAPÍTULO 4: PROCESO PROPUESTO**

- FIG. 4-1 Diagrama de Bloques de proceso ..... 59
- FIG. 4-2 Requerimiento de horas mensuales..... 59
- FIG. 4-3 Requerimiento de personal ..... 59
- FIG. 4-4 Equipo para separación ..... 62
- FIG. 4-5 Equipo para horneado..... 64
- FIG. 4-6 Equipo para molienda ..... 65
- FIG. 4-7 Equipo para empacado ..... 66
- FIG. 4-8 Equipo para etiquetado ..... 67
- FIG. 4-9 Tarima de almacenamiento..... 68
- FIG. 4-10 Sumario de los beneficios de la logística inversa..... 69

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alfaro, J.A.; Álvarez, M.J.; Montes M.J. ¿Qué ha aportado y debe aportar la investigación académica en la gestión de la cadena de suministros de bucle cerrado a la realidad empresarial? Primer Congreso de Logística y Gestión de la Cadena de suministro. Zaragoza, 2007.
2. Arbones Malisani, Eduardo A. Optimización Industrial (II). Editorial Marcombo. España, 2004; pp. 138, 139 y 140.
3. Ballesteros Riveros, Paola; Ballesteros Silva, Pedro Pablo. Importancia de la logística inversa en el rescate del medio ambiente. Scientia et Technica Año XIII N° 37, Diciembre 2007. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701; pp. 315 y 316.
4. Blayney, D. P.; Fallert, R. F.; Shagam, S. D. Controversy over Livestock Growth Hormones Continues. FoodReview 14(4), pages 6–11.
5. Carranza, O.; Sabriá F. Logística: mejores prácticas en Latinoamérica. Editorial Thomson Learning Inc., México 2004.
6. Díaz, A., Álvarez, M.J., González, P. Logística inversa y medio ambiente, McGraw Hill, Madrid 2004.
7. Dowlatshahi, Shad. Developing a Theory of Reverse Logistics. Transportation-Freight/Materials Handling Environment Inform. 1526-551 electronic ISSN. May-June 2000. pp. 143-155.
8. Eppen, G. D.; Gould F. J. Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa. Editorial Prentice Hall. México 2007; pp. 438-440, 445, 446.
9. García Olivares, Arnulfo Arturo. Recomendaciones táctico operativas para implementar un programa de logística inversa. Editorial Eumed.net. México 2008.
10. Greene, James H. Control de la Producción. Editorial Diana. México, 2006; pp. 241 y 242.

11. Krikke Harold, le Blanc Ieke, van de Velde Steff, (2003), *Creating value from returns*. CentER Applied Research working, paper no. 2003-02.
12. Maloni, Michael J.; Brown Michael E. *Corporate Social Responsibility in the Supply Chain: An Application in the Food Industry*. Journal of Business Ethics. Springer 2006. 68:35-52 ISBN 10551-006-9038-0.
13. Montgomery, Douglas C. y Peck, Elizabeth A. *Introduction to linear regression analysis*. Editorial Wiley. México 2008, pp 301, 302.
14. Sasieni, Maurice; Yaspan Arthur; Friedman, Lawrence. *Investigación de Operaciones, Métodos y Problemas*. Editorial Limusa. México 2002; pp. 108 y 109.
15. Schultmann, Frank; Zumkeller Moritz; Rentz Otto. *Modeling reverse logistic tasks within closed-loop supply chains*. Science Direct-European Journal of Operational Research. Volume 171. Issue 3. 16 June 2006. Pages 1033-1050.
16. Taha, Hamdy A. *Investigación de Operaciones*. Editorial Alfaomega. México, 2007; pp. 468, 471 y 472.
17. Terreri, April. *Reverse Logistics Moves Forward*. Food Logistics, Magazine Article. January/February 2010 Issue. Cygnus Interactive 2010.

## REFERENCIAS ARTÍCULOS

- 1 **Alamri**, Adel A. (2011). Theory and methodology on the global optimal solution to a General Reverse Logistics Inventory Model for deteriorating items and time-varying rates. Computers & Industrial Engineering 60. 236–247.
- 2 **Alshamrania**, Ahmad; Mathurb, Kamlesh y Balloub, Ronald H. (2007). Reverse logistics: simultaneous design of delivery routes and returns strategies. Computers & Operations Research 34. 595–619.
- 3 **Álvarez-Gil**, Ma José; Berrone, Pascual; Husillos, F. Javier y Lado, Nora. (2007). Reverse logistics, stakeholders' influence, organizational slack, and managers' posture. Journal of Business Research 60. 463–473
- 4 **Amini**, M. Mehdi; Retzlaff-Roberts, Donna y Bienstock, Carol. (2005). Designing a reverse logistics operation for short cycle time repair services. International Journal of Production Economics 96. 367–380
- 5 **Autry**, Chad W. (2005). Formalization of reverse logistics programs: A strategy for managing liberalized returns. Industrial Marketing Management 34. 749–757
- 6 **Azadi**, Majid y Saen, Reza Farzipoor. (2011). A new chance-constrained data envelopment analysis for selecting third-party reverse logistics providers in the existence of dual-role factors. Expert Sistemas with Applications 38. 2231–12236.
- 7 **Ballesteros** Riveros, Diana Paola; Ballesteros Silva y Pedro Pablo. (2007). Importancia de la logística inversa en el rescate del medio ambiente. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia
- 8 **Bañegil** Palacios, Tomás Manuel. (2005). Sistemas de logística inversa en la empresa. Universidad Politécnica de Madrid. España
- 9 **Barker**, Theresa J. y Zabinsky, Zeldá B. (2011) A multicriteria decision making model for reverse logistics using analytical hierarchy process. (2011). Omega, The international Journal of Management Science 39. 558 – 573.
- 10 **Biehla**, Markus; Matthew, Edmund Praterb y Realffc, J. (2007). Assessing performance and uncertainty in developing carpet reverse logistics Sistemas. Computers & Operations Research 34. 443–463.
- 11 **Chen**, Huey-Kuo; Chou, Huey-Wen y Yi-Chang Chiu. (2007). On the modeling and solution algorithm for the reverse logistics recycling flow equilibrium problem. Transportation Research Part C 15. 218–234.

- 12 **Cheng**, Yung-Hsiang y Lee, Frank. (2010). Outsourcing reverse logistics of high-tech manufacturing firms by using a systematic decision-making approach: TFT-LCD sector in Taiwan. Industrial Marketing Management 39. 1111–1119.
- 13 **Chouinard**, Marc; D'Amoursa, Sophie y Daoud Ait-Kadia. (2005). Integration of reverse logistics activities within a supply chain information system. Computers in Industry 56. 105–124.
- 14 **Conejo Díaz**, José A. (2006). La trazabilidad a lo largo de la cadena alimentaria. Encuentro de seguridad alimentaria y nutrición. Universidad Internacional Menéndez Pelayo. Santander, España.
- 15 **Cruz-Rivera**, Reynaldo y Ertel, Jürgen. (2009). Reverse logistics network design for the collection of End-of-Life Vehicles in Mexico. European Journal of Operational Research 196. 930–939.
- 16 **Daugherty**, Patricia J.; Richey, R. Glenn; Genchev, Stefan E. y Chen, Haozhe. (2005). Reverse logistics: superior performance through focused resource commitments to information technology. Transportation Research Part E 41. 77–92.
- 17 **Dobos**, Imre. (2003). Optimal production–inventory strategies for a HMMS-type reverse logistics system. International Journal of Production Economics 81– 82. 351–360
- 18 **Du**, Feng y Evans, Gerald W. (2008). A bi-objective reverse logistics network analysis for post-sale service. Computers & Operations Research 35. 2617 – 2634
- 19 **Efendigil**, Tugba; Onut, Semih y Kongar, Elif. (2008). A holistic approach for selecting a third-party reverse logistics provider in the presence of vagueness. Computers & Industrial Engineering 54. 269–287.
- 20 **El Korchi**, Akram y Millet, Dominique. (2011). Designing a sustainable reverse logistics channel: the 18 generic structures framework. Journal of Cleaner Production 19. 588 - 597.
- 21 **El-Sayed**, M.; Afia, N. y El-Kharbotly. (2010). A stochastic model for forward–reverse logistics network design under risk. Computers & Industrial Engineering 58. 423–431.
- 22 **Fernández**, Isabel y Kekale, Tauno. (2005). The influence of modularity and industry clockspeed on reverse logistics strategy: Implications for the purchasing function. Journal of Purchasing & Supply Management 11. 193–205.
- 23 **Figuroa Urrea**, Hector Armando. (2007). Criterios de planeación de un sistema inteligente de transportación para el transporte urbano de mercancías en la Ciudad de México. UNAM. México

- 24 **Fleischmann**, Moritz ; Bloemhof-Ruwaard, Jacqueline M. ; Dekker, Rommert; Van der Laan, Erwin ; Van Nunen, Jo A.E.E. y Van Wassenhove, Luk N. (1997). Quantitative models for reverse logistics: A review. European Journal of Operational Research 103. 1-17
- 25 **Genchev**, Stefan E. (2009). Reverse logistics program design: A company study. Business Horizons 52. 139—148.
- 26 **Gomes** Salema, Maria Isabel; Barbosa-Povoa, Ana Paula y Novais, Augusto Q. (2007). An optimization model for the design of a capacitated multi-product reverse logistics network with uncertainty. European Journal of Operational Research 179. 1063–1077.
- 27 **González-Torre**, Pilar L. y Adenso-Díaz, Belarmino. (2006). Reverse logistics practices in the glass sector in Spain and Belgium. International Business Review 15. 527–546
- 28 **González-Torre**, Pilar L.; Adenso-Díaz, B. y Artiba, Hakim. (2004). Environmental and reverse logistics policies in European bottling and packaging firms. International Journal of Production Economics 88. 95–104
- 29 **Hevia Laner**, Francis y Urquiaga, Ana Julia. (2007). Logística de reversa y sus estrategias como complemento de su aplicación. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Facultad de Ingeniería Industrial, CUJAE. Cuba
- 30 **Hirsch**, Bernd E.; Kuhlmann, Thorsten y Schumacher, Jens. (1998). Logistics simulation of recycling networks. Computers in Industry 36.31–38.
- 31 **Horvath**, Philip A.; Autry, Chad W. y Wilcox, William E. (2005). Liquidity implications of reverse logistics for retailers: A Markov chain approach. Journal of Retailing 81. 191–203.
- 32 **Hu**, Tung-Lai; Sheu, Jiu-Biing y Huang, Kuan-Hsiung. (2002). A reverse logistics cost minimization model for the treatment of hazardous wastes. Transportation Research Part E 38. 457–473.
- 33 **Jayaraman**, Vaidyanathan; Patterson, Raymond A. y Rolland, Erik. (2003). The design of reverse distribution networks: Models and solution procedures. European Journal of Operational Research 150. 128–149.
- 34 **Jeung Ko**, Hyun y Evans, Gerald W. (2007). A genetic algorithm-based heuristic for the dynamic integrated forward/reverse logistics network for 3PLs. Computers & Operations Research 34. 346–366.
- 35 **Johnson** P. Fraser. (1998). Managing Value in reverse logistics. Transportation Research E Vol. 34, No. 3. 217-227.
- 36 **Kannana**, Govindan; Pokharel, Shaligram y Kumarc, Sasi. (2009). A hybrid approach using ISM and fuzzy TOPSIS for the selection of reverse logistics provider. Resources, Conservation and Recycling 54. 28 – 36

- 37 **Kara, S.**; Rugrungruang, F. y Kaebernick, H. (2007). Simulation modelling of reverse logistics networks. International Journal of Production Economics 106. 61–69.
- 38 **Kim, Hyunsoo**; Yang, Jaehwan y Lee, Kang-Dae. (2009). Vehicle routing in reverse logistics for recycling end-of-life consumer electronic goods in South Korea. Transportation Research Part D 14. 291–299.
- 39 **Kim, Kibum**; Song, Iksoo; Kim, Juyong y Jeong, Bongju. (2006). Supply planning model for remanufacturing system in reverse logistics environment. Computers & Industrial Engineering 51. 279–287.
- 40 **Krumwiede, Dennis W.** y Sheub, Chwen . (2002). A model for reverse logistics entry by third-party providers. Omega 30, The international Journal of Management Science. 325 – 333.
- 41 **Lambert, Serge**; Riopel, Diane y Abdul-Kader, Walid. (2011). A reverse logistics decisions conceptual framework. Computers and Industrial Engineering. 1-21.
- 42 **Lee, C.K.M.** y Chan, T.M. (2009). Development of RFID-based Reverse Logistics System. Expert Sistemas with Applications 36. 9299–9307
- 43 **Lee, Der-Horng** y Dong, Meng. (2009). Dynamic network design for reverse logistics operations under uncertainty. Transportation Research Part E 45. 61–71.
- 44 **Lee, Jeong-Eun**; Gen, Mitsuo y Rhee, Kyong-Gu. (2009). Network model and optimization of reverse logistics by hybrid genetic algorithm. Computers & Industrial Engineering 56. 951–964
- 45 **Lu, Yingjin**, Lu, Jiao y Jia, Huifang. (2011). Study on the Environmental Cost-sharing Method for Reverse Logistics in Household Appliances. Energy Procedia 5. 186–190.
- 46 **Lua, Zhiqiang** y Bostelb, Nathalie. (2007). A facility location model for logistics Sistemas including reverse flows: The case of remanufacturing activities. Computers & Operations Research 34. 299–323.
- 47 **Maeso González, Elvira**(2009). Logística inversa: amenaza u oportunidad. Universidad de Málaga. España
- 48 **Mina, Hokey** y Ko, Hyun-Jeung. (2008). The dynamic design of a reverse logistics network from the perspective of third-party logistics service providers. International Journal of Production Economics 113. 176–192
- 49 **Mina, Hokey**; Koa, Hyun Jeung y Kob, Chang Seong. (2006). A genetic algorithm approach to developing the multi-echelon reverse logistics network for product returns. Omega, The international Journal of Management Science 34. 56 – 69.
- 50 **Minner, Stefan**. (2001). Strategic safety stocks in reverse logistics supply chains. International Journal of Production Economics 71. 417-428.

- 51 **Mutha**, Akshay y Pokharel, Shaligram. (2009). Strategic network design for reverse logistics and remanufacturing using new and old product modules. Computers & Industrial Engineering 56. 334 - 346.
- 52 **Pokharel**, Shaligram y Mutha, Akshay. (2009). Perspectives in reverse logistics: A review. Resources, Conservation and Recycling 53. 175 – 182.
- 53 **Ravi**, V. y Shankar, Ravi. (2005). Analysis of interactions among the barriers of reverse logistics. Technological Forecasting & Social Change 72. 1011–1029.
- 54 **Ravi**, V. y Shankar, Ravi. (2005). Analysis of interactions among the barriers of reverse logistics. Technological Forecasting & Social Change 72. 1011–1029.
- 55 **Ravia**, V.; Shankara, Ravi y Tiwari, M.K. (2005). Analyzing alternatives in reverse logistics for end-of-life computers: ANP and balanced scorecard approach. Computers & Industrial Engineering 48. 327–356.
- 56 **Richey**, R. Glenn; Chen, Haozhe; Genchev, Stefan E. y Daugherty, Patricia J. (2005). Developing effective reverse logistics programs. Industrial Marketing Management 34. 830– 840.
- 57 **Rubio Lacoba**, Sergio. (2003). El sistema de logística inversa en la empresa. Universidad de extremadura. España
- 58 **Ruiz Herrán**, Vicente y García Merino, José Domingo. (2006). La logística inversa como fuente de ventajas competitivas. Boletín Económico de ICE, Información Comercial Española. España.
- 59 **Sabría Miracle**, Frederick.(2002).Logística y B2C. Universidad de Navarra. España.
- 60 **Sharma**, Manu; Ammons Jane C. y Hartmanb, Joseph C. (2007). Asset management with reverse product flows and environmental considerations. Computers & Operations Research 34. 464–486.
- 61 **Sheu**, Jih-Biing. (2007). A coordinated reverse logistics system for regional management of multi-source hazardous wastes. Computers & Operations Research 34. 1442–1462
- 62 **Sheu**, Jih-Biing. (2008). Green supply chain management, reverse logistics and nuclear power generation. Transportation Research Part E 44. 19–46
- 63 **Sheu**, Jih-Biing; Chou, Yi-Hwa y Hu, Chun-Chia. (2005). An integrated logistics operational model for green-supply chain management. Transportation Research Part E 41. 287–313.
- 64 **Soto Zuluaga**, Juan Pablo. (2006). Reverse logistics: models and applications. Universitat Pompeu Fabra. Francia.
- 65 **Srivastava**, Samir K. (2008). Network design for reverse logistics. Omega, The international Journal of Management Science 36. 535 – 548.



- 66 **Tari Gil**, Sergio. (2003). La logística inversa. WinRed. Vía de doble sentido. España
- 67 **Teunter**, Ruud H.; Van der Laanb, Erwin y Inderfurtha, Karl. (2000). How to set the holding cost rates in average cost inventory models with reverse logistics? Omega, The international Journal of Management Science 28. 409-415
- 68 **Trappey**, Amy J.C.; Trappey, Charles V. y Wub, Chang-Ru. (2010). Genetic algorithm dynamic performance evaluation for RFID reverse logistic management. Expert Sistemas with Applications 37. 7329–7335.
- 69 **Wilcox**, William; Horvath, Philip A.; Griffis, Stanley E. y Autry, Chad W. (2011). A Markov model of liquidity effects in reverse logistics processes: The effects of random volume and passage. International Journal of Production Economics 129. 86–101.
- 70 **Yongsheng**, ZHOU y Shouyang, WANG. (2008). Generic Model of Reverse Logistics Network Design. Journal Transportation System Engineering and Information Technology 8(3). 71-78.
- 71 **Zerhouni**, Hichem; Gayon, Jean-Philippe y Yannick Frein. (2010). Influence of dependency between demands and returns in a reverse logistics system. International Journal Production Economics. 1-10.
- 72 **Zhang**, Yi Mei; Huang, Guo He y Heb, Li. (2011). An inexact reverse logistics model for municipal solid waste management Sistemas. Journal of Environmental Management 92. 522 - 530.