



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN CIENCIAS E INGENIERÍA

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE LOGÍSTICA INVERSA EN
LA EMPRESA INTERIORES AÉREOS S.A. DE C.V.

TESIS PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERIA

AUTOR:

ASESORA:

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA A 04 DE MARZO DE 2011

CONTENIDO TEMÁTICO

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INDICE DE FIGURAS	8
INDICE DE TABLAS	10
HIPÓTESIS	12
OBJETIVO	12
	13
	13

METAS

JUSTIFICACION

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

- 1.1 Breve historia de Interiores Aéreos S.A. de C.V.
- 1.2 Desarrollo de la logística inversa
- 1.3 Problema medio ambiental
- 1.4 Fuerzas promotoras de la logística inversa
- 1.5 La Logística Inversa en la Industria
 - 1.5.1 Industria Editorial
 - 1.5.2 Industria de computación y electrónica
 - 1.5.3 Industria Automovilística
- 1.6 Los envases y su problemática
 - 1.6.1 Clasificación de los envases
 - 1.6.2 Reciclaje de envases
- 1.7 Tendencias y retos de la logística inversa

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

- 2.1 La logística y el canal inverso
- 2.2 Evolución y definiciones del concepto logística inversa
- 2.3 Actividades de la logística inversa.
- 2.4 Clasificación de los sistemas inversos.

2.5 Alternativas finales para productos en el canal inverso.	42
2.6 Beneficios de la logística inversa.	43
2.7 Regulación medio ambiental: En México, EUA y Países Europeos	44
1.7.1 Regulación medio ambiental mexicana	44
1.7.2 Regulación medio ambiental en Estados Unidos de América	50
1.7.3 Regulación medio ambiental en países Europeos	54
2.8 Sistema de logística inversa y sus fases	59
2.8.1 Evaluación financiera	63
2.8.1.1 El análisis de rentabilidad	63
2.8.1.2 Costos de desensamble y reproceso	65
2.8.1.3 Rotación del inventario	65
2.8.1.4 Rendimiento sobre los activos	66
2.8.2 Reducción de materiales y retornos.	66
2.8.2.1 El Análisis del ciclo de vida de un producto (enfocado a los residuos o desechos)	67
2.8.3 Colecta de los retornos.	71
2.8.3.1 La planificación de rutas y los tiempos adecuados de colección	71
2.8.3.2 La transferencia de los retornos	73
2.8.3.3 Consultas a los grupos potencialmente afectados (Análisis de actores)	73
2.8.3.4 Métodos Heurísticos para la colecta	76

2.8.4 Clasificación de los retornos.	
2.8.5 Colocación de los retornos.	
2.8.6 Medición y control.	
2.9 Fundamentos del Transporte	
2.9.1 Servicios de transporte y sus características de servicio sencillo	2.9.2 Opciones
2.9.2.1 Ferrocarril	2.9.2.2 Camión
2.9.2.3 Avión	
2.9.3 Servicios intermodales	97
2.9.3.1 Remolques en plataformas	98
2.9.3.2 Carga en contenedores estándar	2.9.4 Agencias y 99
servicios de envíos pequeños	101
2.9.4.1 Agentes	2.9.4.2 Servicios de envíos
pequeños	101
2.9.5 Transportación controlada por la compañía	102
	103
2.10 Embalaje de transporte	
2.10.1 Embalaje reutilizable de transporte	104
2.10.2 Tipos de contenedores reutilizables	104
2.10.3 Material de Relleno	105
2.10.4 Consideraciones de empaque retornable: beneficios, costos,	111
Ergonomía, manejo y factores de éxito.	
	111
2.11 Herramientas a utilizar para el desarrollo del proyecto	
2.11.1 Diagrama de Proceso de Operaciones	118
	118
	119
	120

2.11.2 Diagrama de Recorrido

2.11.3 Gráfica de pastel

2.11.4 Gráfica de pareto

CAPITULO III. ANÁLISIS EXPERIMENTAL

3.1 Diagrama de flujo para el análisis y desarrollo del sistema de logística inversa.

3.2 Breve descripción del área de embarque

3.2.1 Presupuesto y costos del área de embarque

3.3 Obtención de costos actuales de materiales, mano de obra y transporte

3.3.1 Costos actuales de materiales

3.3.2 Costos de mano de obra

3.3.3 Costos de transporte

3.4 Análisis y representación de situación actual de operación

3.4.1 Características de las cajas para Kits

3.4.2 Flujo de las cajas para Kits

3.5 Reducción de materiales 141

3.5.1 Análisis y selección del contenedor sustituto 141

3.5.2 Características necesarias para el diseño de la caja reutilizable 142

3.5.3 Selección de material de relleno 145

3.6 Colecta de los retornos 145

3.6.1 Selección de transporte de colecta 145

3.6.2 Cálculo de cantidad de cajas reutilizables necesarias y tiempos

adecuados de colección

3.6.3 Planificación de rutas de colección

3.7 Clasificación y colocación de los retornos

3.8 Medición y control

3.9 Evaluación económica

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1 Diagrama del Sistema de logística inversa desarrollado

4.2 Comparación de los costos de materiales y transporte del sistema de

logística inversa desarrollado con los costos actuales.

4.3 Beneficios ambientales obtenidos

4.3.1 Cantidad de árboles a salvar

4.3.2 Cantidad de CO₂ a absorber

4.4 Ventajas y desventajas identificadas en el desarrollo del sistema de logística

inversa

4.4.1 Ventajas

4.4.2 Desventajas

4.5 Conclusiones

4.6 Recomendaciones para trabajos futuros

BIBLIOGRAFIA

GLOSARIO

Quiero dedicar la presente tesis con mucho amor y cariño a mis queridos padres, Roberto Rodolfo Arceo Zepeda y María Dolores Escalante Araiza quienes con su ejemplo, educación, apoyo y mucho amor siempre me han impulsado y motivado a seguir creciendo en mi desarrollo académico y profesional.

Muchas gracias, los amo con todo mi corazón!

RESUMEN

La logística inversa a pesar de ser un concepto relativamente nuevo en la industria y empresas ubicadas en territorio mexicano, ha sido un factor sumamente importante en países europeos al gestionar eficientemente los procesos de retorno de productos y embalajes al final de su ciclo de vida o de productos fuera de uso, para recuperar su valor al ser reutilizados, reciclados o destruidos de una manera amigable al medio ambiente, brindando numerosos beneficios económicos y medio ambientales.

La presente investigación se realizó en la ciudad de Mexicali, B.C., México, durante el mes de agosto del 2007 al mes de noviembre del 2009 con el objetivo principal de minimizar los costos anuales del área de embarque de la empresa Interiores Aéreos S.A. de C.V. a través del análisis y desarrollo de un Sistema de Logística Inversa (por sus siglas, SLI) para la posible recuperación y reutilización de 7 cajas de empaque para kits, reduciendo al mismo tiempo el impacto medio ambiental que ocasiona su eliminación y desperdicio. Para lograr esta reducción en costos e impacto medio ambiental se analizó y desarrolló un sistema de logística inversa en el cual se seleccionó el material reutilizable de empaque y el medio de transporte de colecta óptimo, la cantidad de cajas reutilizables necesarias en inventario, la

frecuencia de los retornos al año y los costos generados por la fabricación de las cajas reutilizables, así como el costo de transporte que se genera al retornar las cajas.

Como resultado del desarrollo del SLI se logró el objetivo de reducir los costos anuales del área de embarque representados por el costo de materiales y mano de obra. Sin embargo, el SLI desarrollado generó un nuevo costo lo suficientemente alto (debido en gran parte a los factores de “no éxito” identificados) para cuestionar o evitar la implementación del SLI. El beneficio medioambiental obtenido es incuestionable, reforzando la cultura del desarrollo sustentable, factor impulsor de la logística inversa.

Esta investigación ejemplifica un caso práctico real donde el desarrollo de un SLI no siempre resulta en una ganancia monetaria, pero si genera un beneficio medioambiental.

ABSTRACT

The reverse logistics, in spite of being a new concept in the Mexican industry, has been a key factor in the European countries to manage in a efficient way the returns of the products and packaging at the end of their life cycle or when are out of usage. The main purpose of using reverse logistics is to recover the value of the products by reusing, recycling or destroying them in the most environmental friendly way, providing numerous economical and environmental benefits.

The present research was done in the city of Mexicali, B.C., México, between august of 2007 and november of 2009 with the main objective of minimizing the annual costs of the shipping area in the company Interiores Aéreos S.A. de C.V. through the analysis and development of a Reverse Logistics System (RLS) for the recovery and reuse of 7 wooden containers used for kits packaging, reducing at the same time the environmental impact that causes its disposal and waste. To achieve this cost reduction and environmental impact it was analized and developed a reverse logistics system in which the optimum reusable packaging material and the means of transport were selected, the number of reusable containers needed in stock, the returns frequency per year, the generated costs by the reusable containers production and the returns transportation cost.

As a result of the development of the RLS the objective of minimizing the annual costs of the shipping area represented by the material and labor costs was accomplished. However, the RLS generated a new cost higher enough (mainly due to the “non successful” factors) to question or avoid

the RLS implementation. The environmental benefit obtained is unquestionable, reinforcing the sustainable development culture, driving factor of the reverse logistics.

This research exemplifies a real case study where the development of a Reverse Logistics System not always results in a monetary gain but it does provide an environmental benefit.

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Transmisor de Radio Frecuencia

Figura 2. Código de barras bidimensional

Figura 3. Logo “Punto Verde”

Figura 4. Tiempo de tránsito promedio experimentado por aproximadamente

16,000 envíos militares e industriales por un servicio de transporte.

Figura 5. Ferrocarril Union Pacific.
costos generalizada de un transportista terrestre con

base en el tamaño de envío.
transporte Landstar

Figura 9. Remolque en plataforma
contenedores estándar
para envíos pequeños de la

compañía Fedex
pequeños de la compañía UPS
C.V. (Gulfstream)

Figure 14. Contenedores rígidos apilables (sin tapaderas)

Figura 15. Contenedores rígidos con tapaderas integradas

Figura 16. Contenedor colapsable de plástico

Figura 17. Contenedor tipo “Gaylord”

Figura 6. Estructura de

Figura 7. Camión de

Figura 8. Avión de carga

Figura 10. Carga en

Figura 11. Diferentes unidades de transporte

Figura 12. Camión para envíos

Figura 13. Camión propiedad de Interiores Aéreos S.A. de

Figura 18. Contenedor plástico doblado a la medida de un pallet

Figura 19. Contenedor de madera colapsable

Figura 20. Doblado plano de contenedor de madera colapsable

Figura 21. Contenedores tipo pallet-collar

Figura 22. Gráfica de pastel

Figura 23. Gráfica de pareto

Figura 24. Área de embarque

Figura 25. Gráfica de presupuesto y costo mensual de órdenes embarcadas en el área embarque en el 2007 y 2008

Figura 26. Porcentajes del costo de materiales de empaque en el 2008

Figura 27. Gráfica de Pareto del Costo Total por Caja de madera

Figura 28. Caja para Kits con arneses eléctricos

Figura 29. Compartimientos en las cajas para Kits

Figura 30. Caja 1 (para modelo G450 y G550)

Figura 31. Caja 2 (para modelo G550)

Figura 32. Caja 4 (para modelo G450)

Figura 33. Caja 3 (para modelo G550)

Figura 34. Caja 5 (para modelo G450)

Figura 35. Caja 6 (para modelo G450)

Figura 36. Caja 7 (para G450 y G550)

Figura 37. Diagrama de flujo de las cajas para Kits

Figura 38. Diagrama de recorrido de las cajas para Kits

Figura 39. Ruta de envíos entre Interiores Aéreos (Mexicali) y macén de
producto terminado en Calxico

Figura 40. Ruta terrestre del transporte Landstar entre Calxico y Savannah

Figura 41. Camiones Landstar

Figura 42. Caja reutilizable fabricada en Interiores Aéreos S.A. de C.V.

Figura 43. Bolsa plástica y papel burbuja

Figura 44. Calendario de envíos y colección de 45 cajas reutilizables

Figura 45. Ruta de colección Sav-Mxl (Alternativa 1)

Figura 46. Ruta de colección Sav-Mxl (Alternativa 2)

Figura 47. Ruta de colección Sav-Mxl (Alternativa 3)

Figura 48. Categorías de clasificación para las cajas reutilizables

Figura 49. Lector de códigos de barras

Figura 50. Diagrama comparativo del sistema actual de envíos de cajas y el
sistema de logística inversa desarrollado

Figura 51. Costos del estado actual y del sistema logístico inverso propuesto a
través del tiempo

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipologías de los envases.

Tabla 2. Relación entre funciones de envases y sus características.

Tabla 3. Actividades de la logística inversa.

Tabla 4. Alternativas finales para productos en el canal inverso.

Tabla 5. Beneficios de la logística inversa.

Tabla 6. Legislación nacional relacionada con los residuos sólidos

Tabla 7. Características de producto y mercado para siete retornos típicos.

Tabla 8. Comparación de la cadena inversa con los criterios de retorno y diseño.

Tabla 9. Mayores impactos de las diferentes etapas en un análisis de ciclo de vida de un empaque.

Tabla 10. Ejemplos de Actores y su Papel en la Cadena de Productos Sujetos a Planes de Manejo.

Tabla 11. Ejemplos del papel que juegan diversos de los actores involucrados en la implantación de los planes de manejo de productos al final de su vida.

Tabla 12. Colocación de los retornos.

Tabla 13. Comparación de opciones de disposición entre los minoristas y los Fabricantes.

Tabla 14. Comparación de tecnologías utilizadas para asistir al procesamiento de la logística inversa entre los segmentos de minoristas y fabricantes

Tabla 15. Medidas de desempeño de la cadena de suministro extendida.

Tabla 16. Precio promedio de transportación de carga de tonelada-milla por modo de transporte.

Tabla 17. Comparación del tiempo de tránsito promedio y el rango de tiempo

para 95% de los envíos, en días, para diferentes servicios de transporte y distancias seleccionadas.

Tabla 18. Costos al utilizar contenedores reutilizables

Tabla 19. Objetivos generales de Interiores Aéreos del 2008

Tabla 20. Porcentajes de costos de materiales distribuidos por tipo de contenedor en el 2008.

Tabla 21. Costos totales de las cajas de madera

Tabla 22. Costos de materiales de las cajas para Kits

Tabla 23. Costos de mano de obra para la fabricación de cajas para Kits

Tabla 24. Cajas para Kits

Tabla 25. Cajas para Kits: Características físicas y costos

Tabla 26. Atributos cualitativos de los diferentes materiales para cajas reutilizables

Tabla 27. Costo de fabricación de las cajas reutilizables

Tabla 28. Precios y tiempos promedio de transportación

Tabla 29. Clasificaciones relativas de modos de transportación

Tabla 30. Comparativo detallado de modos de transporte terrestre

Tabla 31. Costos de transporte de las cajas reutilizables por FedEx Freight

Tabla 32. Comparativo de los costos de fabricación de las cajas y costos de transporte anual para los diferentes modos de transporte

Tabla 33. Cálculo del costo de fabricación de 45 cajas reutilizables

Tabla 34. Cantidad actual de cajas para Kits necesarias semanalmente

Tabla 35. Cantidad de cajas necesarias en inventario para retornar 9 cajas por
Fedex Freight.

Tabla 36. Periodo de recuperación de la inversión al adquirir 45 cajas
reutilizables

Tabla 37. Cantidad de hojas de triplay fabricadas por pino

Tabla 38. Cantidad de hojas de triplay necesarias en un año

Tabla 39. Cantidad de Kgs de CO₂ absorbidos para dos especies de pino (1 y
7.5 años)

Tabla 40. Comparación de diferentes especies de árbol y la cantidad de carros
de los cuales son capaces de absorber el CO₂ que generan al día.

HIPÓTESIS

A través del análisis y desarrollo de un sistema de logística inversa en Interiores Aéreos S.A. de C.V. en el área de embarque, se espera obtener beneficios económicos al reducir los costos de materiales del área de embarque en aproximadamente un 20% de los costos actuales anuales, así como beneficios medio ambientales.

OBJETIVOS

Objetivo general

Minimizar los costos anuales del área de embarque a través del análisis y desarrollo de un sistema de logística inversa para la posible recuperación y reutilización del embalaje, reduciendo al mismo tiempo el impacto ambiental que ocasiona su eliminación y desperdicio.

Objetivos específicos

- Reducir los costos en materiales de embalaje y mano de obra del área de embarque.
- Reducir el impacto medio ambiental al minimizar el uso de hojas de triplay de madera de pino para la elaboración de cajas de madera de un solo uso.
- Generar la documentación y evidencia que sustente la toma de decisión por parte de la gerencia de llevar a cabo o no la implementación del sistema logístico inverso para las 7 cajas para kits.
- Difundir el concepto de logística inversa, un concepto relativamente nuevo en México, por medio de un caso práctico real que sea aplicable en la industria y que sirva como referencia para fines de consulta académica.

METAS

- Recopilar y conocer la teoría acerca de la logística inversa, así como su estado del arte.
- Llevar a cabo análisis de situación actual del área de embarque y el análisis de barreras de entrada.
- Realizar análisis de factibilidad económica.
- Desarrollar sistema de logística inversa.
- Realizar una evaluación, comparación y análisis de resultados.
- Generar conclusiones y recomendaciones para trabajo futuro (áreas de oportunidad detectadas).

- Presentar proyecto a la gerencia.

JUSTIFICACIÓN

- Área de oportunidad:
 - Altos costos de material de embalaje.
- Reducción de costos.
- Reducción de impacto ambiental.
- Fortalecimiento de relación con cliente.
- Obtención de una ventaja competitiva en el mercado.
- Fomento de la “logística inversa” en el estado de Baja California.
- Caso práctico útil para fines académicos de consulta.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Breve historia de Interiores Aéreos S.A. de C.V.

Gulfstream Aerospace Corporation fue fundada en 1958, y el 30 de julio de 1999, la compañía se convirtió en subsidiaria de *General Dynamics Corporation*, actualmente es líder mundial en aviación de negocios.

Gulfstream ha producido más de 1400 aviones que están actualmente al servicio de 35 naciones para las corporaciones de gobierno, clientes privados y militares alrededor del mundo. Productos abanderados por la compañía *Gulfstream V*, son los aviones de negocios con la más alta tecnología a nivel mundial. Más de un cuarto de las 500 compañías de la revista *Fortune*, operan un avión *Gulfstream* para adquirir mayor competitividad y expandir sus horizontes de negocios.

Interiores Aéreos S.A. de C.V. inició con el nombre de Componentes del Aire y a partir de 1986 se une al corporativo Norteamericano *Gulfstream* y adopta el nombre de Interiores Aéreos anteriormente localizada en el Parque Industrial El Vigía, en la ciudad de Mexicali, Baja California, México.

En 1997 empieza el crecimiento de la población de la empresa y logra llegar a 400 empleados, en Octubre del 2002 se inauguró esta planta y actualmente cuenta con más de 1000 empleados, con áreas de producción y soporte en un mismo lugar.

La empresa esta dividida en 4 unidades estratégicas de negocios: Avionics, donde se produce el cableado del avión, Fabricación, donde se producen las partes o detalles (nombre que reciben las piezas metálicas antes de ser ensambladas unas con otras) que conformarán parte de la estructura del avión, Ensamblajes que como su nombre lo indica es donde se unen dos o más detalles a través de ferretería y la nueva unidad de negocios, Maquinado, donde se fabrican piezas por medio de maquinaria CNC (Control Numérico Computarizado) [1].

1.2 Desarrollo de la logística inversa

Durante el último siglo se han logrado grandes avances tecnológicos, los cuales han fomentado el desarrollo de grandes industrias que utilizan inmensas cantidades de recursos naturales, minerales y energéticos. A la par con el avance tecnológico e industrial, se ha estado trabajando a expensas del medio ambiente, explotando sus recursos y contaminando sin medida por medio de emisiones de gases la atmósfera, así como la tierra y el agua por medio del vertimiento de sustancias peligrosas tanto líquidas como residuos sólidos.

Los efectos de este desarrollo ya han comenzado a manifestarse sobre todo en los últimos 50 años. “La mayor parte del calentamiento global observado en los últimos 50 años es atribuible a las actividades humanas” [2]. Otros efectos son los agujeros en la capa de ozono, la desertificación, los grandes cambios climáticos, la pérdida de la diversidad biológica, así como el agotamiento de los recursos minerales por mencionar algunos.

Por esta razón la preocupación por el medio ambiente ha pasado de ser minoritaria a extenderse de una manera notable: prensa, políticos, organizaciones sociales, todos se hacen eco de las voces autorizadas de científicos que, desde hace años, han venido alertando sobre la degradación acelerada que estamos provocando en el planeta.

Las empresas, ante las presiones de gobiernos (por medio de leyes) y de consumidores, tratan de mejorar tanto los procesos como sus productos, de manera que el impacto medioambiental, desde el diseño del artículo fabricado hasta el final de la vida útil del mismo, sea lo menos dañino posible. Una fuente de mejora indudable es la relacionada con la logística y los nuevos retos que plantea la recuperación de material a reusar o reciclar.

El manejo tradicional del ciclo de vida de los productos: abastecimiento, producción, consumo y desecho, ha estado creando problemas que comprometen el desarrollo sostenible de las sociedades. Esto ha obligado a un cambio de perspectiva en la forma de usar los recursos, especialmente en la manera de recuperar productos y materiales para reutilizarlos de nuevo en el ciclo económico. Es aquí donde aparecen las estrategias de *logística inversa* con el objetivo del retorno de los productos, envases y embalajes para reutilización directa, salvar algunas partes, el reciclaje de los materiales o una correcta eliminación de los mismos con un mínimo impacto ambiental desfavorable. La logística inversa, aparte de estar motivada por normatividades legales internas y a nivel mundial, o bien, por normatividades en acuerdos comerciales que responsabilizan al fabricante de todo el ciclo completo del producto; también es implementada por razones económicas que demuestran un ahorro al reusar o reciclar componentes y materiales en lugar de desecharlos y producirlos nuevamente.

Aunque se han desarrollado grandes avances, la logística inversa es aún un tema novedoso, sobre todo en países en vías de desarrollo donde queda mucho por hacer.

1.3 Problema medio ambiental

Hoy en día, vivimos en una sociedad alerta y atenta a los fenómenos medio ambientales que han ocurrido en los últimos años provocados en gran medida por el calentamiento global. Pero no solamente ha fijado su atención y preocupación en los fenómenos provocados por el calentamiento global, sino también en las fuentes de contaminación que impulsan el deterioro medio ambiental y fomentan el cambio climático.

Entre los principales problemas ambientales destaca la creciente generación de desperdicios por parte del sector industrial y casa habitación. La Revolución Industrial marcó el comienzo de la generación de desperdicios a gran escala con la hulla como protagonista [3]. El continuo aumento en la generación de residuos ha sido provocado no solo por el crecimiento poblacional y el deseo de prosperidad, sino también por el gran desarrollo tecnológico dentro del sector industrial que se ha dado en las últimas décadas. Este desarrollo ha incrementado enormemente la productividad de las empresas obteniendo mayor cantidad y variedad de productos en menor tiempo, productos caracterizados por ciclos de vida relativamente cortos y una mayor cobertura de mercado ante un mundo globalizado. En cierta manera, el hecho que exista una mayor cantidad y variedad de productos con tiempos de vida cortos y precios competitivos al tener presencia en anaqueles locales productos internacionales gracias a la globalización, aunado a grandes campañas publicitarias, cultura y la presión social, se ha fomentado el consumismo, el cual genera graves consecuencias ambientales tales como la sobreexplotación de recursos naturales utilizados como materias primas en los procesos industriales que a su vez generan contaminación. Como vemos, se vuelve un círculo vicioso la generación de residuos, el cual trae como principal consecuencia el desequilibrio ecológico y un impacto negativo al medio ambiente.

La seriedad de estos impactos, llevó de la preocupación a la necesidad de alcanzar el desarrollo sostenible, entendiendo como tal el desarrollo que no compromete la disponibilidad de recursos para las generaciones futuras. La propuesta de soluciones no es sencilla, dada la amplitud del problema, que

aborda desde la contaminación industrial al uso ineficiente de energía y los recursos, pasando por la necesidad de disminución de los residuos domésticos sólidos al final de la vida útil de los productos.

En cuanto a éstos últimos, los residuos domésticos, la principal barrera existente proviene de la carencia de infraestructuras y medios para su recogida, transporte y tratamiento, el cual se ve acrecentada por el actual problema de la saturación de los vertederos o rellenos sanitarios y la proliferación de los mismos de manera incontrolada, con los consecuentes problemas de salubridad que pueden generar [4].

En lo que se refiere a la prevención de la contaminación industrial, se consigue tanto mediante la elección y empleo adecuado de las tecnologías, como del desarrollo de nuevos procesos productivos. Dentro del grupo de las soluciones, aparecieron en primer lugar las tecnologías fin de tubería (en inglés, end-of-pipe) o fin de proceso (que solo se preocupaban de los problemas medioambientales que se producían al final del proceso productivo), y después surgieron las tecnologías preventivas o de minimización.

La problemática medioambiental actual está llevando a las empresas a diseñar sus procesos de manera integral analizando sus impactos de forma global, en el tiempo y en el espacio ó a recuperar sus productos al final de su vida útil a través de prácticas como la reutilización, el reciclaje, aminorar el consumo energético y de agua dentro de los procesos productivos y reducir las materias vírgenes extraídas y las cantidades de residuos enviadas a los vertederos.

La fabricación respetuosa con el entorno por parte de las empresas abarca distintas etapas del proceso productivo, desde el diseño del producto hasta que se tiene el producto terminado, con el objetivo de reducir el impacto del mismo a lo largo de su ciclo de vida, desde la extracción de materias primas hasta su destrucción final.

La etapa del diseño de nuevos productos es crucial, debido a que muchos problemas medioambientales son remediabiles en este momento del proceso si son identificados a tiempo, con lo cual los costes medioambientales también se ven reducidos. Este tipo de diseños que toman en cuenta consideraciones ambientales del producto a lo largo de su procesamiento y su ciclo de vida son conocidos como diseños verdes, diseños ecológicos o ecodiseños. Algunos de los beneficios que brindan es que reducen la variedad de materiales que componen un producto, facilitando su separación y clasificación al final de su uso, maximizan el empleo de materiales reciclables, etc.

Una vez que el producto es diseñado, el siguiente paso consiste en producirlo. Para ello las empresas cuentan con Tecnologías Limpias, como la conservación de materias primas y la energía, la eliminación de materias primas tóxicas o la reducción de la cantidad y calidad de todas las emisiones y todos los residuos generados durante el proceso productivo.

Para conseguir este propósito se requieren aún cambios importantes en los procesos productivos de la mayor parte de las empresas, cambios en las materias primas empleadas, modificaciones del producto final y la reutilización de los materiales [4].

1.4 Fuerzas promotoras de la Logística Inversa

Actualmente sobresalen tres fuerzas promotoras que estimulan la implementación de la Logística Inversa:

- *Consideraciones económicas.* Se refiere a aquellas acciones de recuperación donde la compañía tiene una ingerencia directa o indirecta de beneficios económicos reflejándose por ejemplo en el abatimiento de costos, disminución del uso de materiales, obtención de partes de repuesto valiosas o recuperación del valor de envases, empaques, embalajes y unidades de manejo reciclables.
- *Requerimientos legales.* Algunos países tal como Alemania ó Suiza cuentan con legislaciones ambientales que obligan a los productores tomar medidas en sus operaciones para reducir el impacto ambiental que estos puedan generar. La logística inversa puede ser un paso estratégico para cumplir con los requerimientos de una legislación ambiental. Esta puede derivar de la protección a la salud y del ambiente, de consideraciones por costos de procesamiento de residuos, etc.
- *Responsabilidad social.* Generalmente impulsada por organizaciones no gubernamentales y asociaciones de consumidores que apoyados en su poder de compra buscan productos más seguros y ambientalmente amigables. Una compañía que tiene una buena imagen (ambiental) es preferida en muchos mercados, como es el caso de los mercados europeos; asimismo, esta imagen estrecha vínculos con el cliente, debido a que existe un incremento creciente de conciencia ambiental de la sociedad [5].

Algunos otros factores impulsores de la logística inversa son:

- La cultura del desarrollo sostenible.
- La preocupación por el bienestar y conservación de los recursos naturales
- El alto número de devoluciones.
- El comercio electrónico [6].

1.5 La Logística Inversa en la Industria

El desarrollo de la aplicación de la logística inversa se esta expandiendo por numerosas industrias, desde acerías, la aviación comercial, fabricantes de computadoras e industria del automóvil, a la industria química y fabricantes de productos médicos. Algunas empresas muy conocidas como Dupont, TRW, General Motors, Delphi, Hewlett-Packard, Storage Tek o BMW, han utilizado sistemas de logística inversa. A continuación se presentará la situación de algunos de estos sectores [4].

1.5.1 Industria Editorial

La industria del libro esta sufriendo el problema de los retornos de los ejemplares que no han sido vendidos. Por ello, la logística inversa tiene un papel importante que jugar en esta industria, puesto que los volúmenes no vendidos deben dejar sitio en las estanterías de las librerías a los nuevos títulos, y es necesario organizar su retorno.

La cadena de suministro del libro ha sufrido algunos problemas desde los años setenta. Los libreros no podían adquirir tantos libros como los editores esperaban. Para que los vendedores fueran capaces de tener un mayor stock de libros, los editores comenzaron a permitirles la devolución de los libros no vendidos. De esta manera podían disponer de más títulos incrementando la selección disponible para el público. Desde entonces la relación entre el librero y el editor seguido este modelo. Esta relación exige que el editor comparta el riesgo de escasas ventas de libros con el vendedor.

Los libreros saben que cualquier libro que no consigan vender puede ser retornado sin coste alguno. Este acuerdo es muy costoso para el editor. Con el paso del tiempo, los editores han aceptado estos

costes como propios del negocio. Pero los cambios de los últimos años en la industria editorial han llevado a tasas importantes de pérdidas para los editores.

Algunos creen que las tiendas de libros se están quedando obsoletas. Los editores podrían vender directamente los libros a los clientes, que los podrían descargar directamente de Internet. Precisamente es en esta industria donde Internet ha tenido uno de los mayores impactos. Amazon es un caso bien conocido de este tipo de comercio por Internet.

En el futuro, Internet podría tener aún mayor impacto sobre las ventas de los libros impresos. La tecnología de edición actual hace que sea necesario imprimir gran cantidad de copias de un mismo libro para mantener los costes. Por ello, se podría llegar a la situación en la cual el editor no imprimiría un nuevo título hasta que se hayan conseguido unas determinadas ventas de un libro ya obsoleto.

Este problema se solventa con una tecnología que permita pequeñas tiradas de un libro. Así el cliente podría ir a la web y solicitar una copia del libro, que le será entregado en unos días [4].

1.5.2 Industria de computación y electrónica

La industria de las computadoras y componentes electrónicos está también muy involucrada en el movimiento medioambiental. Hay muchas empresas, tanto grandes como pequeñas invirtiendo en la recuperación de componentes. Digital, Procter and Gamble, y Canon están trabajando para mejorar la reciclabilidad de sus productos. Digital emplea la aproximación de las 6R (Reciclado, Recuperación, Renovación, Reprocesamiento, Reventa y Reutilización) en sus productos usados, mientras IBM posee un programa de gestión de recuperación de productos en varios países europeos desde 1990, y además tiene una nueva línea de computadoras fabricadas con componentes recuperados a bajo costo, llamado ETN, que corresponde a las iniciales en inglés de Equivalent to new (Equivalente a nuevo).

En muchas tiendas de computadoras y electrónicos, el porcentaje de retornos es alto. Los clientes no entienden siempre cómo funcionan y quieren rápidamente devolver el producto aunque no sea defectuoso. Por lo tanto, se trata de un producto fácilmente reutilizable.

Por otro lado, los tóneres de las impresoras láser se han convertido en una gran área de reprocesamiento. Al principio eran difíciles de reciclar, pero los fabricantes intentaron facilitar su

desembalaje y renovación. El problema ahora es que los tóneres son tan fáciles de reprocesar, que cualquiera podría entrar en este negocio. Así los productores de tóneres originales compiten con los reprocesadores en la obtención de los retornos. Para el fabricante original es difícil evitar que el usuario emplee tóneres de otras empresas (2). Uno de los programas más conocidos en este sentido es Canon, que con cada tóner nuevo vendido el cliente recibe una etiqueta postal para enviar el tóner viejo sin ningún coste [4].

1.5.3 Industria Automovilística

La industria automovilística lleva a cabo numerosas actividades de investigación y desarrollo en respuesta a los impactos negativos que está ocasionando al medio ambiente. En la industria del automóvil, hay tres áreas en las cuales la logística inversa tiene un papel significativo:

1. Recuperación de partes y materiales al final de la vida útil del vehículo.
2. Reprocesamiento de partes usadas.
3. Retorno equilibrado de stocks de partes nuevas desde los puntos de venta.

Cuando un vehículo llega al final de su vida útil puede ir a un desguace o a un desmantelador del automóvil. En este último caso se lleva a cabo una valoración de los componentes del vehículo. Las partes o componentes que funcionan pueden ser vendidas tras su extracción. Otros componentes como motores, alternadores, motores de arranque y transmisiones podrían estar en buen estado, pero necesitarán algún tipo de renovación o reprocesamiento antes de ser vendidos al consumidor. Una vez que las partes reutilizables han sido extraídas del vehículo, sus materiales son recuperados por distintos medios.

Aproximadamente el 35% del material metálico del coche es plástico. Para reducir la cantidad de plástico enviada al vertedero, las empresas han seguido varias alternativas. Algunas de ellas es reduciendo la cantidad de plásticos empleados en la fabricación del automóvil y etiquetando las partes para facilitar su separación después de su desensamblado.

Otra de las iniciativas en torno al cierre del ciclo de vida en la industria automovilística se ha llevado a cabo en los Países Bajos. Reciclaje de autos holandés (Auto Recycling Nederland, ARN) es una fundación independiente que gestiona los retornos, seleccionando los recicladores autorizados y

promoviendo nuevos usos. En el proceso de reciclaje de los distintos elementos que componen un vehículo, se recuperaban principalmente los materiales féreos, mientras que ARN trata de recuperar y reciclar la mayoría de los plásticos y los fluidos.

Para incrementar la reciclabilidad de los automóviles, una experiencia similar se llevo a cabo en Estados Unidos, donde los tres grandes productores de vehículos se han unido en el Centro de desarrollo y reciclaje de vehículos (Vehicle Recycling Development Center, VRDC) para tratar de conseguir formas más sencillas de desensamblar los vehículos e investigan nuevos diseños para el desensamblado.

Los neumáticos son otro ejemplo de componentes del automóvil que pueden y deben ser recuperados y reprocesados en mayor medida aún. Los neumáticos viejos no pueden ser enviados sin control al vertedero ni pueden ser quemados por la contaminación atmosférica que producen. En muchos países los neumáticos son apilados en grandes cantidades, y, en muchos casos, son empleados con propósitos inapropiados debido a las dificultades existentes para hacerlos desaparecer una vez usados. Entre las opciones de reciclaje de los neumáticos están su conversión en energía o en materia prima para distintas aplicaciones:

- En construcción se pueden emplear como componentes asfálticos, para la protección de barcos en pantanales, muros antirruído o antivibraciones, losetas de goma o materiales para tejados, moquetas, alfombras, entre otras.
- También son de aplicación para usos deportivos (campos de juego o pistas de atletismo o ciclismo) [4].

1.6 Los envases y su problemática

Uno de los primeros residuos que han sido tratados y sobre los que existe una legislación específica para controlar su impacto sobre el medio ambiente, son los envases.

Se puede definir un envase como todo producto que se utiliza para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías en cualquier fase de la cadena de fabricación, distribución y consumo. Dada la amplitud de esta definición, existe una amplia variedad de tipos de envases [4].

1.6.1 Clasificación de los envases

Pro Europe (formada por los organismos responsables del logotipo Punto Verde de envases en Europa) clasifica los envases del siguiente modo:

- Envase de un solo uso. Todo envase que una vez cumplida la función para la que fue concebido o diseñado se convierte en residuo.
- Envase reutilizable. Todo envase concebido y diseñado para cumplir durante su ciclo de vida un número mínimo de usos o rotaciones, de forma que, una vez consumido el producto que contenía, sea susceptible de ser reintegrado por el poseedor en el mismo proceso económico para el que fue concebido o diseñado.

Una de las mayores razones que lleva a las empresas a considerar el embalaje reutilizable para el transporte es ahorrar en la compra y costes de depósito de los embalajes.

- Envase usado. Todo envase reutilizable que, una vez consumido el producto en él contenido, sea susceptible de ser reintegrado por su poseedor en el mismo proceso económico para el que fue concebido o diseñado.
- Envase compuesto. Todo envase fabricado con dos o más elementos/materiales diferentes, no susceptibles de ser separados a mano, cuando ninguno de los cuales supere el porcentaje en peso que determinen las autoridades comunitarias. Por ejemplo, un aerosol contenido en un envase con válvula de plástico es considerado un envase compuesto.
- Envase de venta o primario. Es el envoltorio inicial, total o parcial, que contiene el producto y que, por tanto, está en contacto directo con él. Evita que pueda modificarse su contenido sin abrir o modificar dicho envase. Un ejemplo claro de un envase primario es una botella, un tarro o un tetra-brick.
- Envase colectivo (de agrupación) o secundario. Es aquel que porta uno o varios envases primarios, pudiendo ser separado del producto sin afectar las características del mismo. Su finalidad es proteger el producto durante su distribución.

- Envase de transporte o terciario. Contiene un grupo de envases primarios o secundarios. Ha sido diseñado para facilitar la manipulación y el transporte con objeto de evitar su alteración física y los daños inherentes en el transporte.
- Envase de consumo por particulares (ECP) (no industriales o comerciales). Son todos los envases que, independientemente de su carácter primario, secundario o terciario, y del lugar donde sea consumido o utilizado el producto que contiene, sean susceptibles de ser adquiridos para su consumo por particulares, siempre y cuando la recogida de los residuos de envases generados corresponda a entes locales.
- Envase industrial o comercial. Aquellos que sean de uso y consumo exclusivo en las industrias, comercios, servicios o explotaciones agrícolas y ganaderas y que, por tanto, no sean susceptibles de uso y consumo ordinario en los domicilios particulares.
- Envases ligeros. Son los envases fabricados con material de plástico (botella de agua, de refresco, etc.), metal (latas de conservas, botes de bebidas, etc.) o compuestos como los cartones para bebidas (tipo brick de leche, de zumos, etc.).
- Envase de lujo o de diseño. Envase que, por sus características artísticas o de composición, generalmente no se convierte en residuo tras su utilización o consumo del producto que contiene, sino que permanece en poder del consumidor y usuario.
- Envase superfluo. Envase que, aunque facilite la manipulación, distribución y presentación del producto destinado al consumo, no resulta necesario para contenerlo o protegerlo [4].

Esta clasificación se puede agrupar en distintas categorías tal como se presenta en la siguiente tabla:

Clasificación	Tipo de envases
1. Según su número posible de usos	Envase de un solo uso
	Envase reutilizable
	Envase usado
2. Según sus materiales o su diseño	Envase compuesto
	Envase ligero
	Envase de lujo o de diseño

3. Según su finalidad	Envase de venta o primario
	Envase colectivo, de agrupación o secundario
	Envase de transporte o terciario
	Envase superfluo
4. Según sus usuarios	Envase de consumo por particulares
	Envase industrial o comercial

Tabla 1. Tipologías de los envases [4]

De la tipología de los envases presentada en la tabla anterior es posible identificar las funciones de los envases:

- Contener el producto distribuyéndolo en las unidades adecuadas para la manipulación, almacenamiento, transporte y consumo.
- Presentar e identificar el producto estableciendo diferencias de cara a los consumidores.
- Proteger el producto.
- Garantizar las propiedades y la calidad de su contenido.
- Informar sobre el producto que contiene.

Para poseer todas estas funcionalidades, el envase debe poseer una serie de características (ver Tabla 2) como son la hermeticidad, la ergonomía, la compatibilidad o la universalidad entre otras. Estas cualidades estarán limitadas en parte por el material del cual esté fabricado el envase. Las opciones son variadas: vidrio, plástico, papel-cartón, acero, aluminio, madera son algunos ejemplos [4].

Funciones	Características
-----------	-----------------

1. Continente	Ergonomía, universalidad
2. Elemento identificativo	Atractivo
3. Protección	Resistencia
4. Garantía del contenido	Hermeticidad, inviolabilidad, compatibilidad
5. Información	Comuniación

Tabla 2. Relación entre funciones de envases y sus características [4]

1.6.2 Reciclaje de envases

Los envases de los distintos productos, independientemente de su material y una vez que se ha consumido su contenido, se convierten en residuos. Una alternativa a su depósito en el vertedero puede ser su reutilización o su reciclaje. Para ello, han de separarse del resto de los residuos y ser depositados en el contenedor de recogida selectiva correspondiente dependiendo el tipo de envase. Obviamente, en el caso de los envases domésticos se debe contar con la colaboración de los ciudadanos, quienes son los responsables directos de la separación de los distintos envases en su origen.

Para la separación selectiva de los residuos de envases existen básicamente tres tipos de contenedores, cada uno de los cuales está identificado con un color y destinado a un grupo de residuos diferente:

- El amarillo para los envases de plástico, latas y envases tipo brick.
- El azul para los envases de cartón, el papel, las revistas y los periódicos.
- El verde para las botellas de vidrio, los tarros y los frascos.

Una vez que se consigue que los envases sean depositados en sus correspondientes contenedores, son las administraciones municipales o autonómicas las que se encargan de implantar un sistema para completar el proceso de recuperación de residuos de envase: recogida, transporte a las plantas de selección, clasificación y proceso de reciclado.

Existen tres modelos genéricos de sistemas de recogida selectiva de residuos de envases:

- a) El primero es la recogida selectiva en áreas de aportación, donde se utilizan contenedores tipo iglú que disponen de unas bocas en la parte superior para introducir los residuos. Suelen colocarse en plazas o lugares espaciosos, donde los camiones que realizan la recogida puedan acceder fácilmente. El material que se recoge de los contenedores mediante este sistema suele ser de buena calidad, ya que por su simplicidad dificulta que se produzcan equívocos a la hora de depositar los residuos.
- b) El segundo sistema de recogida es el llamado sistema de recogida selectiva mediante contenedor de acera. En este caso los contenedores son de menor tamaño que los citados previamente. Se sitúan junto a los contenedores de basura tradicionales, cerca de las viviendas de los ciudadanos, debido a lo cual es frecuente que se mezclen basuras por equivocación, por lo que la calidad de los materiales no es tan buena como en la recogida selectiva de las áreas.
- c) Por último están los puntos limpios, también denominados puntos verdes o centros de recuperación y reciclaje. Son unos recintos diseñados para el depósito selectivo de productos que no son recogidos por los sistemas anteriores (residuos peligrosos, electrodomésticos de líneas blanca y marrón, equipos informáticos y ropa, etc.). Se hallan fuera de los núcleos urbanos. Disponen de personal que informa y controla los residuos de entrada.

Por lo general, tras el oportuno tratamiento, de los materiales de envases y embalajes retornados a la empresa serán reutilizados, y serán usados muchas veces antes de proceder a su destrucción final. Frecuentemente los envases y embalajes dañados pueden ser renovados para su uso de nuevo, alargando de este modo su vida. Esta tarea puede hacerse internamente en la empresa o delegando la misma en empresas especializadas. Sin embargo, antes de ser enviado a los vertederos todos los materiales recuperables del envase o embalaje serán extraídos para su posterior aprovechamiento.

El uso de contenedores reutilizables implica los siguientes costos:

- Costos del transporte directo e indirecto.
- Gestión de inventarios del contenedor.
- Inspección, limpieza y reparación.

Desgraciadamente, los contenedores reutilizables requieren algún mantenimiento. Algunos necesitan ser limpiados antes de usarlos de nuevo. Otros deben ser inspeccionados para su nuevo uso para evitar el empleo de un contenedor dañado. Si se descubre algún contenedor dañado, puede ser reparado o reemplazado por otro, como ocurre con los contenedores que alcanzan al final de su vida útil.

- Almacenamiento y clasificación.

Tanto para el productor como para el usuario del contenedor, los costos de almacenamiento son considerables. Se necesita espacio para su almacenamiento y pueden ser necesarios cuidados para su mantenimiento y manipulación.

- Adaptación para un futuro uso [4].

1.7 Tendencias y retos de la logística inversa

Las prácticas de la logística inversa varían según la industria y la posición del canal. Las industrias donde los retornos suponen una gran proporción de los costos operativos tienden a tener implantados mejores sistemas y procesos de logística inversa [4].

Es seguro que en el futuro cada vez más empresas prestarán atención a este tema. Para reducir el costo de la logística inversa, las empresas necesitan centrar la atención en la mejora de varios aspectos de los flujos inversos:

- Mejora de la tecnología de entrada de retornos en el canal inverso.
- Implantación de sistemas de crédito parcial de los retornos.
- Facilitar las decisiones de destrucción/colocación de los retornos.
- Agilizar el procesamiento y acortar los tiempos de ciclo de los retornos.
- Mejorar la gestión de la información.

Una de las vías más sencillas de reducir los costos del flujo logístico inverso es reducir el volumen de productos. Hay que tener en cuenta dos aspectos. En primer lugar, evitar la entrada de los productos que no puedan ser aprovechados. En segundo lugar, una vez que los productos estén dentro del flujo, deberían ser reutilizados o reaprovechados lo más rápidamente posible.

Para reducir el flujo de productos en el sistema logístico inverso, hay que tomar en cuenta algunas dificultades que se presentan en las empresas y que si son atacadas, producirán importantes avances en el futuro próximo:

1. Gestión del ciclo de vida del producto. Los productos en las diferentes etapas del ciclo de vida requieren diferentes tipos de gestión y apoyo. La gestión del canal de suministro es distinta al final de la vida del producto (declive) que en el resto de las etapas (introducción, crecimiento, maduración). Una buena estrategia de logística inversa es vital en la gestión del producto al final

de su vida. Los planes deben incluir tanto los productos al final de su vida como en el resto de las etapas para conseguir una gestión eficiente de los mismos en todo momento [4].

2. Sistemas de información. Para gestionar mejor la logística inversa, las empresas necesitan mejorar sus sistemas de información.

La mayoría de los procesos de retorno están basados en papel. La automatización de estos procesos es aún hoy difícil. Para el correcto funcionamiento, un sistema de información de logística inversa tiene que ser flexible. En muchas empresas, los sistemas de información actuales no permiten monitorear el estado de los retornos [4].

3. Tecnología de entrada de los retornos. Para mejorar la entrada de los retornos en el canal inverso, los empleados de primera línea necesitan disponer de información sobre los productos a los que debería permitir la misma. Normalmente no se tiende a invertir en el entrenamiento de estos trabajadores, puesto que suelen rotar habitualmente. Ello conlleva el manejo de productos inútiles en el canal inverso [4].
4. Diseño para la logística inversa. Algunas empresas han diseñado programas que permitan que el diseño de sus productos facilite su fabricación. Otras los han diseñado para facilitar una gestión más eficiente del canal de suministro. En el futuro quizá más empresas diseñen sus productos pensando en la gestión de la logística inversa [4].

Para solventar todas estas dificultades, provocadas principalmente por la falta de información, se han propuesto algunas soluciones empleando la tecnología:

1. *Entradas basadas en la web.* Una solución es el empleo de una web de Internet o Intranet que sirva de guía a los empleados en el proceso de retorno de cada producto. Cuando el cliente retorna un producto, el empleado escanea su código de barras, entonces aparece una página web con los pasos que el empleado debe seguir relativos al proceso de retorno de ese producto en concreto. Uno de los posibles problemas es que el empleado no disponga de los accesorios necesarios para el desmontaje del retorno si sólo ciertas partes son reaprovechadas [7].
2. *Intercambio electrónico de datos (EDI, por sus siglas en inglés).* El intercambio electrónico de datos es una tecnología importante a tener en cuenta en la gestión logística general. Aunque no

es una tecnología nueva, no ha sido introducida en muchas empresas por lo que su implementación puede aprovecharse para la gestión del flujo de logística inversa [7].

3. *Registro “Punto de Venta” (POS, por sus siglas en inglés).* En algunos casos las empresas manufactureras están dispuestas a aceptar las devoluciones de los clientes por un periodo limitado de tiempo después de la compra inicial. Si un minorista intenta regresar un producto al fabricante después de que ha expirado este periodo, el fabricante no accederá a aceptar la devolución. En este tipo de situaciones, el minorista necesita conocer exactamente cuando fue comprado el producto. Una tecnología que puede proveer esta información es el registro de punto de venta (POS), donde el minorista escanea el número de serie del producto vendido, y electrónicamente el fabricante recibe el número de serie y la fecha en que fue vendido el producto. Cuando un cliente intenta regresar un producto en una fecha tardía, el minorista contacta al fabricante para saber si este está dentro del periodo de garantía. En estos casos, el fabricante paga al minorista cierta cantidad de dinero por cada producto registrado, absorbiendo también los costos de desarrollo e implementación de dicho sistema. Este tipo de sistemas casi elimina la devolución inapropiada de productos [7].
4. *Identificación por Radio Frecuencia (RFID, por sus siglas en inglés).* Seguir la pista de donde se encuentran los productos de logística inversa y a donde van puede requerir de mucho tiempo. Muchos productos no tienen su empaque original o el empaque puede estar dañado. En estos casos, es muy difícil utilizar escáneres de Radio Frecuencia (RF) para seguir el movimiento de productos a través del flujo logístico inverso.

La identificación por radio frecuencia es una tecnología relativamente nueva la cual puede ser beneficiosa en algunas situaciones. Consiste en instalar un muy pequeño radio transmisor (ver Figura 1) en cada producto, transmitiendo una débil señal, pero lo suficientemente fuerte para ser captada por receptores en un almacén. Cada producto puede enviar una señal diferente. Esta tecnología tiene gran potencial que brindar a la logística inversa. Puede ayudar a seguir la pista de los productos en el almacén controlando las entradas y salidas acelerando el proceso logístico, y las etiquetas de RF pueden ser utilizadas para grabar la identificación (ID) de los productos cuando son vendidos y esta información puede ser de gran utilidad al determinar qué productos aceptar en una devolución [8].



Figura 1. Transmisor de Radio Frecuencia [8]

5. *Código de barras bidimensional.* Es otra tecnología con futuro en las operaciones de logística inversa. Permite al usuario disponer de mucha más información que con un sistema unidimensional. Con el código bidimensional, además del código, se incluye también una descripción u otro texto que se considere oportuno. La información requerida en los procesos y transacciones de logística inversa no es fácilmente actualizable solo con un código de barras unidimensional [4].



Figura 2. Código de barras bidimensional [9]

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 La logística y el canal inverso

La logística trata los problemas del suministro relativos al espacio, lugar y forma en que son requeridos los bienes y servicios. Nótese que las empresas no actúan de manera independiente, sino que forman parte de una cadena de suministros la cual consiste en un conjunto de actividades funcionales (transporte, control de inventarios, etc.) que se repiten muchas veces a lo largo del canal de flujo, mediante las cuales la materia prima se convierte en productos terminados y se añade valor para el consumidor.

El Consejo de Dirección Logística (CLM, por sus siglas en inglés), organización profesional de gerentes de logística, docentes y profesionales formada en 1962, da la siguiente definición de logística:

“La logística es la parte del proceso de la cadena de suministros que planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento eficientes y efectivos de bienes y servicios, así como de la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes”.

Los componentes de un sistema típico de logística son:

- Servicios al cliente
- Pronósticos de la demanda
- Comunicaciones de distribución
- Control de inventarios
- Manejo de materiales
- Procesamiento de pedidos
- Apoyo de partes y servicio
- Selección de la ubicación de fábricas y almacenamiento (análisis de localización)
- Compras

- Embalaje
- Manejo de bienes devueltos
- Eliminación de mercaderías aseguradas rescatadas (desechos) y desperdicios
- Tráfico y transporte
- Almacenamiento y provisión

Aunque es fácil pensar en la logística como la dirección de flujo de productos desde los puntos de adquisición de materias primas hasta los consumidores finales, para muchas empresas existe un *canal inverso* de la logística que también debe ser dirigido. La vida de un producto, desde el punto de vista de la logística, no termina con su entrega al cliente. Los productos se vuelven obsoletos, se dañan o no funcionan y son devueltos a sus puntos de origen para su reparación o eliminación. Los materiales empacados pueden ser devueltos a quien los expide debido a regulaciones ambientales o porque tiene sentido económico reutilizarlos. El canal inverso de la logística puede utilizar todo o una parte del canal directo de la misma, o puede requerir un diseño por separado. La cadena de suministros termina con la eliminación final de un producto. El canal inverso debe considerarse dentro del alcance de la planeación y del control de la logística [10].

2.2 Evolución y definiciones del concepto logística inversa

Desde que el hombre ha necesitado mover cosas de un lugar a otro, casi desde el inicio de la civilización siempre se ha topado con un problema como hacerlo de la mejor manera posible. Este problema aun sigue vigente y solamente durante la segunda mitad del siglo veinte, es decir sobre un rango de tiempo de 50 años los gerentes se han preocupado de hacerlo de una manera confiable y a bajo costo.

Es así que a la concepción de integrar la perspectiva de los manejos de costos y la provisión de servicios al problema primario del la transportación de un bien, es lo que el hombre a denominado logística.

Durante los años 50s el potencial de la logística integradora fue reconocida y el manejo de costos fue introducido dentro del concepto, este fue un esfuerzo relativamente simple pero la implementación no lo fue tanto debido a los intercambios del sistema.

Después en 1955 se empezó a integrar un nuevo punto de vista debido a la mercadotecnia y empezaron a notar que la percepción de un cliente impactaba en las ventas, es así que el concepto de servicio al cliente es nuevamente integrado en el concepto de logística.

Para 1965, la idea de expandir operaciones a través de la subcontratación fue ganando terreno, debido a que implementar tales operaciones en una compañía requería infraestructura especializada para sus operaciones, es así que las compañías comienzan a comprender que los negocios deben ser especializados y basarse en sus competencias base, este nuevo ramo que surge en la industria, que integra servicios multifuncionales es lo que hoy en día se conoce como proveedores terceros de servicio.

En los años 70s renace un interés en las operaciones internas de una compañía, la disponibilidad de nuevas tecnologías de la información hace que muchos ejecutivos se enfoquen en desarrollar la calidad de su desempeño, partiendo de la obtención de las materias primas hasta el cliente final, esto genero un enfoque que se centraba en la calidad y en las operaciones sensibles al tiempo.

Para los años 80s, se integran los movimientos de cero defectos y el La Administración total de la calidad (TQM, por sus siglas en inglés), es así que se comienza a medir y reportar el desempeño operacional en términos financieros, tales como reducción del capital de trabajo, utilización de activos, reducción del ciclo de efectivo, etc.

En 1985 el Consejo de Dirección Logística (CLM) dio la definición de logística mencionada en el punto 2.1 “La logística y el canal inverso”.

Para 1995 la definición es expandida debido a que las operaciones son diseñadas con base en una integración cada vez más cercana con clientes selectos, llamados clientes estratégicos, tal colaboración deriva a extender el efectivo control de la línea de negocio.

Después de que las definiciones fueran extendidas, la integración del concepto de logística continuo en expansión, ya que para el 2003 el CLM corrige su definición de logística como sigue:

“Una parte del proceso de la cadena de suministros que planea implementa y controla el eficiente y efectivo flujo y almacenamiento hacia delante y en reversa de bienes, servicios e información

relacionada del punto de origen al punto de consumo con el propósito de satisfacer los requerimientos del cliente”.

En esta definición ya se observa claramente un interés sobre los flujos de retorno (inversos), ya que las organizaciones empezaron a tomar especial interés de ser competitivas de una manera que les permitiera gestionar la entrega efectiva de sus productos y de no ser así de integrar nuevamente los retornos en su canal comercial; todo esto poniendo énfasis en el tiempo, y en los recursos, a esta rama dentro del concepto de la logística se le conoce como logística inversa.

Durante los años noventa el CLM empieza a publicar estudios donde la logística inversa fue reconocida como un aspecto relevante para los negocios así como para la sociedad. En 1992 el CLM publica la primera definición conocida de logística inversa (Stock, 19928): “...El termino comúnmente usado para referirse al rol de la logística en el reciclaje, disposición de desperdicios y el manejo de materiales peligrosos; una perspectiva mas amplia incluye todo lo relacionado con las actividades logísticas llevadas a cabo en la reducción de entrada, reciclaje, substitución y reuso de materiales y su disposición final.”

Al final de los noventas, Rogers & Tibben Lemke (1998) describen a la logística inversa incluyendo el objetivo y los procesos (logísticos) involucrados: “El proceso de planear, implementar y controlar eficientemente y el costo eficaz de los flujos de materias primas, inventario en proceso, bienes terminados e información relacionada desde el punto de consumo al punto de origen con el propósito de recuperar el valor primario o disponer adecuadamente de ellos”.

Sin embargo el grupo Europeo de logística inversa, RevLog (1998), fue mas allá de la definición de Rogers & Tibben Lemke usando la siguiente definición: “El proceso de planeación, implementación y control del flujo de materias primas, inventario en proceso y bienes terminados, desde un punto de uso, manufactura o distribución a un punto de recuperación o disposición adecuada”, como podemos ver esta definición es mas amplia ya que no se refiere a un punto de consumo y si bien acepta aun mas flujos, ya que una parte

no necesariamente regresa al mismo punto de donde salio.

El Consejo Ejecutivo de Logística Inversa (en inglés, Reverse Logistic Executive Council) define a la logística inversa como “el proceso de mover bienes de su destino final típico a otro punto, con el propósito de capturar valor que de otra manera no estaría disponible, para la disposición apropiada de

los productos”, la cual introduce el concepto de recuperación de valor de los componentes en la cadena [11].

2.3 Actividades de la logística inversa

Una vez que el producto o embalaje ha sido retornado a la empresa que lo fabricó o utilizó, es evaluado para elegir la mejor opción y darle la mejor disposición. Estas opciones son consideradas como las actividades de la logística inversa y pueden clasificarse en dos grandes grupos dependiendo si se trata de un producto o envases y embalajes (Ver Tabla 3).

Material	Actividades de logística inversa
Productos	Retorno al proveedor
	Reventa
	Venta vía fin de existencias
	"Caridad" o mercado menos exigente

	Reacondicioamiento, renovación o reprocesamiento por parte de la propia empresa o por parte de un tercero
	Recuperación de materiales
	Reciclaje
	Vertedero
Envases y embalajes	Reutilización
	Renovación
	Recuperación de materiales
	Reciclaje
	Caridad

Tabla 3 Actividades de la logística inversa [4]

Comúnmente, los materiales de empaque retornados a las empresas serán reutilizados. Si este no es el caso se consideran las alternativas de renovación del embase o embalaje. Como tercera y cuarta opción aparecen la recuperación de sus materiales y el reciclaje. Una vez que no pueda ser reparado ni se encuentre en condiciones para darlo a caridad, se manda al vertedero.

Las empresas Europeas son exigidas por ley retornar o recuperar el empaque de transporte que utilizan en sus productos. Para reducir los costos, las empresas tratan de darle el mayor uso posible a estos materiales, y los reclaman cuando ya no pueden ser reutilizados [7].

2.4 Clasificación de los sistemas inversos

La manera en la que se lleva a cabo la recuperación de productos, componentes y materiales, son diversas y se pueden clasificar tomando en cuenta diferentes criterios:

1. *Según la motivación para la reutilización.* La reducción de la capacidad de los vertederos y los efectos ambientales que provoca la incineración de los desechos ha obligado a varios países sobre todo industrializados a reforzar su *legislación medioambiental* cargando a los productores la responsabilidad en el ciclo de vida completo del producto, siendo la devolución una de las medidas tomadas.

El aumento de la preocupación medioambiental por parte de los clientes ha provocado que estos ejerzan grandes presiones sobre las empresas para que sus prácticas sean ambientalmente amigables. La *imagen verde* se ha convertido en un fuerte elemento de marketing el cual ha estimulado a un gran número de empresas a incurrir en sistemas de retorno y recuperación de sus productos.

Muchas de las actividades de reutilización son motivadas *económicamente*. Al recuperar el valor del producto usado se reduce el costo de producción original que éste hubiera incurrido para su reutilización o reventa en mercados secundarios.

2. *Según el tipo de artículo recuperado.* Destacan tres categorías:

- a) Embalajes. Son retornados rápidamente, debido a que no requieren de tiempo una vez que su contenido ha sido distribuido. Por ejemplo: pallets, botellas, contenedores apilables, etc.
 - b) Componentes de repuesto. Son retornados por alguna falla o mantenimiento preventivo, normalmente tras un largo período de haber sido adquirido y posiblemente con algún defecto. Por ejemplo: partes de máquinas, tubos de televisión, partes de carros, etc.
 - c) Artículos domésticos. Son retornados mayoritariamente al final de su ciclo de vida. Por ejemplo: copiadoras, refrigeradores, etc. [4].
3. *Según la forma de reutilización*. Los productos pueden ser reutilizados una vez limpio o tras una reparación menor. Algunos ejemplos son los embalajes de transporte reutilizables como pallets, cajas o botellas [4].
4. *Según los actores implicados*. El canal inverso puede tener formas diferentes dependiendo de las funciones de los miembros individuales del canal y la capacidad para realizar tareas de reciclaje y reprocesamiento. Actualmente los productores tienden a realizar internamente el reprocesamiento debido al conocimiento específico del producto implicado, mientras que el reciclaje es llevado a cabo por empresas especializadas [4].

2.5 Alternativas finales para productos en el canal inverso

Una vez que las empresas deciden incluir en un flujo de logística inversa algún producto o empaque, deben determinar cual será el destino final de estos buscando siempre maximizar su valor. Muchas veces este aspecto es considerado hasta en el diseño de los productos y/o empaques.

Algunas alternativas comúnmente practicadas las podemos apreciar en la siguiente tabla:

Práctica	Características fundamentales	Ejemplos
Reparación	Dar a los productos usados una calidad específica: Estándares de calidad menos rigurosos que los nuevos Inspección, reparación y reemplazo de partes Desensamblado + reemplazo por nueva tecnología + ensamblado Se extiende la vida útil del producto	Electrodomésticos
Renovación	Devolver al cliente productos fuera de funcionamiento: Implica la reparación y/o reemplazo de partes estropeadas Desensamblado + ensamblado En el retorno del cliente o en centros especializados Calidad del producto reparado < nuevo	Computadoras
Reciclaje	Recuperación de materiales contenidos en los productos retornados: Desensamblado + clasificación + transformación de materias primas	Papel, vidrio, plástico, metales
Reprocesamiento	Desensamblado + clasificación + restauración + reensamblado	Computadoras
Canibalización	Una pequeña porción del producto puede ser retornado y aprovechado. Las partes recuperadas son reparadas o renovadas para integrar un producto nuevo.	Hardware
Reutilización	El producto puede volver a ser usado una vez limpio tras una reparación menor.	Botellas de vino, pallets de transporte, cajas para transporte y manipulación de bebidas
Vertedero	Última opción: depósito del material.	Basura

Tabla 4. Alternativas finales para productos en el canal inverso [4]

2.6 Beneficios de la logística inversa

Idealmente una cadena de este tipo también es llamada una cadena de suministro circular (ya que el flujo inverso cierra el ciclo) mejora el aprovisionamiento de los productos, servicios e información mejor de lo que lo haría una cadena de suministro tradicional ya que reduce costos a la vez que reduce el impacto ambiental; para poder ver tener una visión global de estos beneficios podemos observar la Tabla 5, con base en una síntesis de Krikke et al (2003) en la que se muestran los beneficios que tenemos en los servicios y en el mercado, los costos relacionados con la operación y la seguridad ambiental [12].

Servicio / Mercado	Costos	Seguridad Ambiental
• El servicio de retorno mejora la satisfacción del cliente • Reducción del tiempo de investigación y desarrollo (tiempo de introducción al mercado) • Incrementa la disponibilidad de partes de repuesto • Retroalimentación oportuna a través de recuperación temprana • Mejora en la calidad del producto a través de la reingeniería • Reparaciones proactivas • Imagen "Verde"	• Reducción del riesgo de responsabilidades legales • Recuperación del valor de los materiales y los componentes • Recupera el valor de la mano de obra • Evita los costos de disposición • Reduce el riesgo por obsolescencia a través de retornos oportunos • Menor producción nueva de partes de repuesto • Reducción de retornos	• Reduce el impacto ambiental • Cumplimiento de la legislación vigente • Recuperación mas confiable de productos defectuosos

Tabla 5. Beneficios de la logística inversa [12]

1.7 Regulación medio ambiental: En México, EUA y Países Europeos

1.7.1 Regulación medio ambiental mexicana

Como se puede observar en la Tabla 6, existen ciertas leyes referentes a la protección al ambiente, a la especificación de los servicios relacionados con el manejo de los residuos sólidos, y a consideraciones de localización de instalaciones, operación y monitoreo, sin embargo estas leyes son de muy reciente aparición y algunos aspectos todavía no se han regulado, puesto que si bien la NOM-083 esta se refiere casi exclusivamente a los rellenos sanitarios (basurales) y no al rubro del reciclaje.

Con respecto a desechos peligrosos en materia internacional, debido a la diferencia en los costos de eliminación entre México y Estados Unidos, se han tenido muchos casos de movimiento transfronterizo ilegal (disposición inadecuada). Para evitar esto en 1986 se firmó el anexo III del convenio bilateral entre México y Estados Unidos referido a la cooperación entre esos dos países para controlar los desechos peligrosos en su frontera común. Este Convenio indica que las industrias maquiladoras deben devolver los desechos a Estados Unidos, donde se originó la materia prima que produjo los desechos.

Otros convenios internacionales suscritos en algunos países, relacionados al manejo de los residuos sólidos son:

- Tratado de Libre Comercio (México), 1993
- Decisión 14/27 de PNUMA (Directrices de Londres), 1989
- Disposición de la Agencia Internacional de Energía Nuclear de la ONU, 1990
- Directrices de la Conferencia Internacional de Población y Desarrollo, El Cairo, 1985
- Compromisos ante la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico, OCDE.

Como se puede observar el manejo de los residuos, no es solo un pequeño problema puesto que incluye muchas variables que el marco legal en México ni en América latina han cubierto satisfactoriamente, es por ello que han surgido los llamados convenios de Responsabilidad Extendida del Productor (EPR, por sus siglas en inglés) que no es otra cosa, mas que un intento de las compañías para regularizar, el manejo de residuos de una forma con responsabilidad social, aun antes de que las leyes hagan su aparición [11].

LEGISLACIÓN NACIONAL RELACIONADA CON LOS RESIDUOS SÓLIDOS		
Legislación Federal	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	Art. 115. Establece la prestación de servicios públicos por parte del municipio
	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	Art. 134. Prevención y control de la contaminación del suelo por residuos. Art. 135. Ordenación urbana, servicio de limpia y sitios de disposición final. Art. 137. Autorización del funcionamiento de sistemas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final. Art. 138. Acuerdos para mejorar e implantar sistemas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final. Art. 139. Contaminación por lixiviados. Art. 141 Biodegradación de RSU (Residuos Sólidos Urbanos).
	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	Reglamenta las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en lo que se refiere a la protección al ambiente, en materia de prevención y gestión de los residuos, y establece bases para: principios de valorización, responsabilidad compartida, manejo integral, criterios de gestión integral, mecanismos de coordinación entre entidades, mercado de subproductos, participación de la sociedad, creación de sistemas de información referentes a gestión de RSU (Residuos Sólidos Urbanos) y RME (Residuos de Manejo Especial), prevención de la contaminación de sitios, fortalecimiento de la innovación tecnológica, establecimiento de medidas de control y seguridad, entre otras.
	NOM-083-SEMARNAT-2003	Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
Legislación estatal	Ley Estatal de Prevención y Gestión Integral de Residuos	Puede o no existir dentro de la entidad en cuestión.
	Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	Puede o no existir dentro de la entidad en cuestión.
	Reglamento de la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	Puede o no existir dentro de la entidad en cuestión.
Legislación municipal	Bando Municipal	Por lo general, los bandos municipales consideran una pequeña fracción referente al servicio de limpia, ya sea en los capítulos de Ecología o Servicios Públicos.
	Reglamento del Servicio de Limpia Municipal	Puede o no existir dentro de la entidad en cuestión.
	Ordenamientos municipales	Puede o no existir dentro de la entidad en cuestión.
Normas Mexicanas	Estas NMX tienen el objetivo de estandarizar los procedimientos relacionados con los estudios de caracterización de los residuos sólidos, que por lo general se solicitan como parte de los proyectos de ingeniería. No son de observancia obligatoria.	NMX-AA-15-1985 Muestreo – Método de cuarteo. NMX-AA-61-1985 Determinación de la generación. NMX-AA-22-1985 Selección y cuantificación de subproductos. NMX-AA-19-1985 Determinación del peso volumétrico "in situ".

Tabla 6. Legislación nacional relacionada con los residuos sólidos [11]

Marco legal para la logística inversa (incluyendo el reciclaje)

Debido a que la logística inversa y el reciclaje no son actividades que tengan muchas legislaciones en México, en la investigación se dio la necesidad de investigar cual era el marco legal de la actividad, con el propósito de conocer el estado actual de nuestro país para después compararlo con los líderes mundiales de estas prácticas como lo es Alemania

Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN)

- México es el único país en vías de desarrollo que ha firmado un acuerdo de libre comercio en el que se incluye una cláusula relativa al medio ambiente. Esto facilita el acceso a una tecnología menos contaminante y propicia la elevación de los estándares, lo que favorece que al final las reglas conservacionistas de México converjan con las de Estados Unidos y Canadá.
- Entre los propósitos del Tratado que se mencionan existen cuando menos tres que se relacionan con el medio ambiente:
 1. La intención de promover el libre comercio de manera congruente con su protección y preservación.
 2. El fomento del desarrollo sostenible.
 3. El fortalecimiento de las leyes ambientales y de su aplicación.

El empleo de los instrumentos económicos sería un poderoso complemento de un número reducido, pero más efectivamente diseñado, de estándares. Las ventajas que ofrecen los instrumentos económicos es que su aplicación puede ser menos costosa que la de los controles directos. También pueden contribuir a internalizar los costos y beneficios ambientales, dar mayor flexibilidad a los agentes económicos, ofrecer un incentivo para mejorar la tecnología y generar recursos financieros para construir la infraestructura y otras instalaciones requeridas para el manejo ambiental. Estos instrumentos serían un medio para aplicar el principio de "el que contamina paga", que es la regla que han adoptado varios países de Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

En México ya se han utilizado instrumentos económicos para propósitos ambientales, aunque de manera voluntaria y muy limitada. Su operación no tenía en realidad sustento legal y, por tanto, el gobierno no podía recurrir a ninguna medida obligatoria [11].

Programa de Competitividad Industrial y Protección Ambiental

- El Programa de Competitividad Industrial y Protección Ambiental instrumentado a partir de julio de 1995, representa una nueva era de cooperación entre el gobierno y los industriales organizados del país, con el propósito de modernizar la planta industrial de país, incluye los temas de:

1. Reconversión y cooperación tecnológica: Promueve el uso de tecnologías limpias y apoya a la industria ante la Banca Comercial y de Desarrollo, en la simplificación de trámites y requisitos en operaciones de crédito orientadas a la reconversión tecnológica;

2. Infraestructura ambiental: Se propone impulsar la inversión privada en la creación de la infraestructura necesaria para el manejo, reciclaje, tratamiento, transporte y destrucción de residuos, afluentes y emisiones; y promover la integración de cadenas productivas a través de la gestión ambiental [11].

Ley Federal sobre Metrología y Normalización

Capítulo III De la Observancia de las Normas

Artículo 57. Cuando los productos o los servicios sujetos al cumplimiento de determinada norma oficial mexicana, no reúnan las especificaciones correspondientes, la autoridad competente prohibirá de inmediato su comercialización, inmovilizando los productos, hasta en tanto se acondicionen, reprocesen, reparen o substituyan. De no ser esto posible, se tomarán las providencias necesarias para que no se usen o presten para el fin a que se destinarían de cumplir dichas especificaciones. Si el producto o servicio se encuentra en el comercio, los comerciantes o prestadores tendrán la obligación de abstenerse de su enajenación o prestación a partir de la fecha en que se les notifique la resolución o

se publique en el Diario Oficial de la Federación. Cuando el incumplimiento de la norma pueda dañar significativamente la salud de las personas, animales, plantas, ambiente o ecosistemas, los comerciantes se abstendrán de enajenar los productos o prestar los servicios desde el momento en que se haga de su conocimiento. Los medios de comunicación masiva deberán difundir tales hechos de manera inmediata a solicitud de la dependencia competente.

Los productores, fabricantes, importadores y sus distribuidores serán responsables de recuperar de inmediato los productos.

Quienes resulten responsables del incumplimiento de la norma tendrán la obligación de reponer a los comerciantes los productos o servicios cuya venta o prestación se prohíba, por otros que cumplan las especificaciones correspondientes, o en su caso, reintegrarles o bonificarles su valor, así como cubrir los gastos en que se incurra para el tratamiento, reciclaje o disposición final, conforme a los ordenamientos legales y las recomendaciones de expertos reconocidos en la materia de que se trate.

El retraso en el cumplimiento de lo establecido en el párrafo anterior podrá sancionarse con multas por cada día que transcurra, de conformidad a los establecidos en la fracción I del artículo 112 de la presente Ley [13].

Ley General para la prevención y gestión integral de los residuos

Titulo primero

Articulo 1

VI. Definir las responsabilidades de los productores, importadores, exportadores, comerciantes, consumidores y autoridades de los diferentes niveles de gobierno, así como de los prestadores de servicios en el manejo integral de los residuos;

VII. Fomentar la valorización de residuos, así como el desarrollo de mercados de subproductos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica y económica, y esquemas de financiamiento adecuados;

Artículo 2

VIII. La disposición final de residuos limitada sólo a aquellos cuya valorización o tratamiento no sea económicamente viable, tecnológicamente factible y ambientalmente adecuada;

XII. La valorización, la responsabilidad compartida y el manejo integral de residuos, aplicados bajo condiciones de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, en el diseño de instrumentos, programas y planes de política ambiental para la gestión de residuos.

Titulo segundo

Artículo 10.- Los municipios tienen a su cargo las funciones de manejo integral de residuos sólidos urbanos, que consisten en la recolección, traslado, tratamiento, y su disposición final

Titulo tercero

Artículo 18.- Los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables [14].

1.7.2 Regulación medio ambiental en Estados Unidos de América

La Agencia de Protección al Medio Ambiente (EPA, por sus siglas en inglés) dirige las ciencias ambientales de los Estados Unidos de América (EUA), así como también los esfuerzos investigativos, educativos y de evaluación. En 1976 se aprueba en Estados Unidos el Acta de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA), probablemente la legislación mas conocida a nivel de América Latina. Esta legislación y la reglamentación correspondiente se creo principalmente para tratar los problemas

crecientes que enfrentaba la nación ante el aumento del volumen de residuos municipales e industriales.

Las metas iniciales del RCRA fueron:

- Proteger la salud humana y el ambiente de peligros potenciales de provocados por la generación de residuos.
- Conservar la energía y recursos naturales.
- Reducir la cantidad de residuos generados.
- Asegurar que los residuos sean manejados de una manera amigable al ambiente.

Para cumplir con estas metas, el RCRA estableció tres distintos, pero interrelacionados programas:

- El programa de residuos sólidos, bajo el Subtítulo D del RCRA, impulsa a los estados a desarrollar planes comprensivos para manejar residuos sólidos industriales no peligrosos y residuos sólidos municipales, establece el criterio para los rellenos sanitarios de residuos sólidos municipales y otras instalaciones de eliminación, y prohíbe el vertedero de residuos sólidos al aire libre.
- El programa de residuos peligrosos, bajo el Subtítulo C del RCRA, establece un sistema para controlar residuos peligrosos desde que es generada hasta su última eliminación.
- El programa del tanque de almacenamiento subterráneo, bajo el Subtítulo I del RCRA, regula este tipo de tanques que a su vez contengan sustancias peligrosas y productos derivados del petróleo [15].

Estados Unidos a diferencia de muchos países Europeos, en cuestión de manejo de residuos sólidos no se ha caracterizado por tener las mejores prácticas. La Agencia de Protección del Medio Ambiente ha sido criticada por grupos y organizaciones ambientalistas norteamericanas, como Zero Waste America, una organización de investigación ambiental la cual labora a través de Internet, quien crítica la falta de un plan federal o de infraestructura que maximice el reciclaje y minimice la generación de residuos.

Esta organización resalta 3 factores por los cuales el plan de reciclaje en los Estados Unidos ha tenido dificultades para su buen desarrollo:

- No existe un plan federal efectivo para maximizar el reciclaje y minimizar la generación de residuos aún cuando el gobierno federal tomó la absoluta responsabilidad de la administración de los residuos de la nación en el Acta de Eliminación de Residuos Sólidos de 1976. El acta exige a los Estados a desarrollar e implementar planes para maximizar el reciclaje y minimizar los residuos, pero después de 26 años (hasta el 2002, año que fue redactado dicho artículo de Zero Waste America), muchos Estados han ignorado dicha acta y la EPA no ha exigido su cumplimiento. Muchos Estados señalan que la razón por la cual han fracasado en implementar exitosamente sus planes, ha sido por la falta de un plan exhaustivo federal de residuos y reciclaje.
- Las Importaciones de residuos extranjeros y exportaciones de residuos domésticos de EUA, son virtualmente incontrolables bajo la ley federal. Desde 1997, los 50 estados importaron 48 millones de toneladas, más basura de la que estos mismos exportaron, según información brindada por la revista Biocycle, una publicación industrial.
- La sobrepoblación hace que la reducción de residuos sea extremadamente difícil, si no es que imposible. La mayoría de expertos en población creen que la población ideal en los Estados Unidos oscila entre los 100-150 millones de personas, comparado con la población actual de 286 millones, con una tasa de crecimiento anual de 3 millones [16].

Leyes de recuperación de productos en los Estados Unidos

Algunas compañías han comenzado a darse cuenta de los beneficios potenciales mercadotécnicos de un programa de recuperación. En los Estados Unidos, el presidente del Consejo de Desarrollo Sustentable ha comenzado a estudiar la idea de implementar un programa de Responsabilidad Extendida del Producto (EPR). Un programa de Responsabilidad Extendida se enfoca en la vida total del producto, buscando maneras para prevenir la contaminación y reducir el uso de recursos y energía a lo largo del ciclo de vida del producto.

El presidente del Consejo de Desarrollo Sustentable aprobó el principio general del EPR y comentó que los programas voluntarios actuales parecen estar trabajando bien. Recomendó la adopción de un sistema voluntario de EPR. Muchas compañías como Compaq, Hewlett-Packard, Nortel, Frigidaire y Xerox han adoptado el programa EPR. También, se han generado programas industriales para reciclar baterías de níquel-cadmio y parachoques de automóviles.

Los programas de recuperación o devolución no son comunes en Estados Unidos. Sin embargo, algunos están siendo desarrollados. Al menos 15 Estados tienen leyes las cuales exigen a los minoristas recuperar las baterías de vehículos. El Estado de Maryland aprobó una ley la cual exige a manufactureros y minoristas a establecer un sistema para recolectar baterías de óxido de mercurio.

Tarifas de eliminación (ADF, por sus siglas en inglés) son pagadas por adelantado por el consumidor al momento de hacer una compra para cubrir los costos de eliminación del producto al final de su ciclo de vida. Al menos 22 Estados cuentan con estas tarifas para llantas, muchos estados las tienen para el aceite de motor y algunos para productos de línea blanca, como los electrodomésticos.

Aún cuando no es obligatorio en los Estados Unidos la recuperación de computadoras, EUA es el productor y usuario líder mundial de computadoras personales. La industria electrónica estadounidense ha comenzado a estudiar como reciclar productos electrónicos, y ha comenzado a diseñar un centro reciclador de productos electrónicos. La Agencia de Protección al Medio Ambiente (EPA) ha comenzado a estudiar la recolección de componentes electrónicos al fin de su vida útil. Hasta el momento, ha financiado dos programas de recolecta pilotos para electrónicos residenciales y equipo eléctrico.

Se ha estimado que solamente en California, más de dos millones de computadoras obsoletas son abandonadas cada año. Muchas organizaciones de caridad han creado estándares para computadoras aceptables e inaceptables, para no recibir computadoras en mal estado [7].

1.7.3 Regulación medio ambiental en países Europeos

La aplicación de los principios de la logística inversa en las empresas está creciendo en los últimos años en los países industrializados, especialmente en Europa y Estados Unidos. Sobre todo los países de la Europa occidental están especialmente concienciados debido en gran parte a que la legislación ha establecido requisitos de lo que puede y no puede hacerse con los productos al final de su vida útil.

Alemania es uno de los países europeos que, por razones políticas y sociopolíticas, más se ha preocupado por los temas medioambientales, y por lo tanto, los primeros pasos legales se han dado en este país.

Son dos las causas que promueven la ordenanza alemana de embalajes de 1991: la saturación de los vertederos con las consiguientes dificultades para localizar nuevas ubicaciones, y la presión social por los temas medioambientales.

Las exigencias legislativas fueron sucesivas:

- En diciembre de 1991 se obligó el retorno de los embalajes empleados en el transporte (para facilitar el movimiento y manipulación de los artículos y protegerlos en el tránsito) para su reutilización y reciclaje. Los productores y distribuidores deben aceptar el transporte de los embalajes (como pallets, cartones, etc.).
- Desde abril de 1992 se deben retirar los envases secundarios (que no son necesarios para la venta, pero que ayudan a ella) o conseguir su devolución al punto de venta. Los vendedores deben aceptar devolver los embalajes secundarios (como, por ejemplo, las cajas). Los distribuidores deben aceptar la devolución de los embalajes secundarios o reutilizarlos y reciclarlos.

- En enero de 1993 los vendedores tienen que recoger los envases de venta (o envoltorio directo del producto, que también puede ser empleado por el cliente durante su uso). Para el embalaje primario se aplican las mismas reglas que para embalaje secundario, salvo que la industria establezca un sistema de recogida y reciclaje más estricto para recuperar cada tipo de embalaje.
- Por último, se establece un sistema de depósito y fianza necesario para los envases de bebidas, los detergentes y las pinturas.

Esta legislación, tras su implantación, tuvo inmediatamente el efecto deseado. Se incrementó rápidamente el interés por los embalajes reutilizables, reduciéndose el empleo de los embalajes secundarios. Una modificación más reciente de esta ordenanza permite la incineración como medida de recuperación de energía satisfaciendo de este modo las tasas de reciclaje exigidas [4].

Para cumplir con sus obligaciones, las empresas se decidieron por delegar sus servicios a terceros. A raíz de esto, 400 empresas alemanas establecieron el Sistema Dual Alemán (DSD, por sus siglas en siglas), que trata de conseguir los requisitos gubernamentales de reciclaje para los diferentes tipos de embalajes. El DSD firma contratos con tres grupos:

1. Productores de embalajes, quienes pagan por obtener la licencia para utilizar el símbolo del “Punto verde” (ver Figura 3), el cual es impreso en sus empaques.
2. Manipuladores privados de residuos y recogedores de residuos municipales, quienes se encargan de la recogida de los embalajes con “punto verde”.
3. Organizaciones industriales, quienes garantizan el reciclaje de los residuos.



Figura 3. Logo “Punto Verde” [4]

El programa del Punto Verde es el principal enfoque del DSD. Para que una compañía pueda portar el Punto Verde, debe pagar una cuota de licencia a la DSD. El costo del Punto Verde depende de un número de factores:

- a) Se basa en el principio de “el productor paga”. Así el productor del embalaje debe responsabilizarse de los costos del reciclaje y destrucción del embalaje. Obviamente, el cliente indirectamente pagará este coste pero la responsabilidad última es del productor.
- b) Tiene en cuenta los costes de clasificación y reciclaje para los distintos tipos de materiales de embalaje. Por ejemplo, los costes del plástico son superiores a los del vidrio debido al incremento de clasificación y reciclaje del plástico.
- c) El volumen del producto también es tomado en cuenta [7].

Las iniciativas de la DSD han sido exitosas, al ver el incremento dramático de la cantidad de material reciclado. En 1997, los alemanes reciclaban el 86% de todas las ventas de embalajes, de hogares y pequeños negocios. En comparación, muchas ciudades de Estados Unidos están actualmente luchando para alcanzar la meta establecida del 25% [7].

A pesar de los buenos resultados, el sistema del “Punto Verde” recibió algunas críticas:

- Una de ellas refiere a que es muy caro, al resultar más barato enviar los productos a los vertederos. El sistema termina costando menos de \$20 dls por persona, mientras esta cantidad le parece elevada a algunos críticos, es mucho más barato que muchos programas de reciclaje de EUA, los cuales logran alcanzar tasas mucho menores de reciclaje.
- Otra crítica al sistema del “Punto Verde”, es que es, de hecho, una licencia para que una compañía genere la cantidad de residuos que desee. No hay un incentivo para la reducción de la producción de residuos. También, hay un incentivo para que las compañías exploren embalajes reutilizables. Por esta razón, algunos organismos locales de gobierno se resistieron a la implementación del programa. A pesar de las críticas, el programa ha triunfado reduciendo la cantidad de residuos de embalaje generada por los alemanes [7].

Estas nuevas exigencias de reaprovechamiento de los productos al final de vida útil han ocasionado diversos problemas. Los procesadores de residuos, especialmente los de los plásticos no estaban preparados para asumir las grandes cantidades de residuos que recibieron como consecuencia de la ordenanza aplicada, y el mercado de los reciclados tampoco estaba preparado para ello. Así, los excesos de plásticos reciclables tuvieron que ser enviados a otros países de Europa, lo que también afectó a los programas de reciclado de esos otros países. Incluso se enviaron plásticos a vertederos del Sudeste Asiático, ya que resultaba más barato que encontrarles uso en Alemania u otro país europeo.

Toda esta legislación afecta también a los exportadores que desean introducir sus productos en el mercado alemán puesto que las exigencias son las mismas, aunque sus dificultades, en principio, son mayores al tener que contar con miembros del canal de distribución de otra nacionalidad. Estas barreras se subsanan al armonizar la legislación de todos los países de la Unión Europea.

En general en toda Europa, al igual que en Alemania y Francia, que fueron las pioneras, las leyes han incrementado la responsabilidad de los productores, no solo sus envases. Las principales leyes restrictivas en este sentido también surgen nuevamente en Alemania con la Ley Básica de Gestión de Residuos. Su objetivo principal es cerrar el ciclo, de manera que la mayor parte de la producción sea reutilizada o reciclada, llevando la mínima cantidad de ella al vertedero. Posteriormente se vio la necesidad de trasladar esta ley alemana a una ley europea. La directiva comunitaria vigente actualmente relativa a residuos es la 91/156/CEE [4].

Con esta nueva legislación europea se obliga a muchas ramas de la industria a aceptar la responsabilidad de sus productos. El principal obstáculo a vencer es un cambio de mentalidad hacia la prevención, reducción, recuperación y reciclaje de los residuos. El ambicioso objetivo de la ley es recoger todos los residuos producidos y productos usados, con el propósito de recuperarlos para su reutilización o reciclaje.

Actualmente en Europa se trata de estandarizar las leyes comunitarias, dado que no están igualmente implantadas en todos los países miembros, debido a que en transposición algunos países son aún más restrictivos y exigentes.

Además la normativa general relativa a residuos y envases, se han desarrollado leyes específicas para la gestión adecuada de residuos de determinados productos. Entre las más relevantes se deben citar:

- Electrodomésticos de línea blanca (refrigeradores, congeladores, sistemas de calefacción, calderas, lavadoras, lavavajillas, cocinas) y electrodomésticos de línea marrón (equipos de sonido, televisores, fotocopiadoras y máquinas de fax).

La Unión Europea tiene desarrolladas un conjunto de leyes para la recogida y reciclaje de residuos eléctricos y electrónicos. Sus objetivos finales son incrementa el reciclaje, reducir las sustancias peligrosas y garantizar que los residuos sean reciclados de la manera más eficiente.

- Automóviles.

En cuanto al reciclado de automóviles, la legislación señala que en el 2015 el 95% de los vehículos debe ser recuperado. Así, el último propietario del vehículo debería recibir un certificado de destrucción por un desmantelador autorizado (Centro Autorizado de Recepción y Descontaminación, CARD).

- Pilas.

La Unión Europea tiene también una directiva que requiere que el 75% de todo tipo de pilas sea recuperado (incluyendo la de los automóviles) [4].

2.8 Sistema de logística inversa y sus fases

Para empezar a conceptualizar un sistema aplicado a la logística inversa, podemos decir que diferentes autores reconocen a la logística inversa como un problema complejo, es decir que existen ciertas características asociadas al retorno (producto o material) o al mercado al cual esta destinado ese retorno. Para generar un modelo que sea lo mas general posible, se tomaron en cuenta dos sumarios descritos por Krikke et al (véanse las Tablas 7 y 8), los cuales nos dan pautas para basar el modelo general para un programa de logística inversa.

Características del producto	Retorno Comercial	Retorno por fin de uso (Con valor comercial)	Retorno por fin de uso (Con valor de transformación)	Retorno por fin de vida	Retorno por unidades rellenables	Retorno por portadores reusables	Retorno por reparación
Tiempo de vida remanente	Alto	Moderado	Alto por algunos componentes	bajo	Alto	Alto	Moderado-Alto
Riesgo de obsolescencia	Alto	Alto	Moderado	Bajo	Bajo	Bajo	Alto
legislación de recuperación	No	No	No	Responsabilidad Extendida del Productor (EPR)	No	No	Garantías
Complejidad del producto	Bajo-Alto	Bajo	Alto	Bajo-Alto	Bajo	Bajo	Alto
Mas común en:	Mercado de consumidores	Mercado de consumidores	B2B, bienes de capital	Todos	todos	B2B	Todos
Opción de recuperación	Reuso Reparación	Restauración Reparación	Remanufactura Canibalización	Canibalización Reciclaje	Reuso Reparación	Reuso Reparación	Reparación Restauración
Características de mercado	Retorno Comercial	Retorno por fin de uso (Con valor comercial)	Retorno por fin de uso (Con valor de transformación)	Retorno por fin de vida	Retorno por unidades rellenables	Retorno por portadores reusables	Retorno por reparación
Tasa de retorno como % de ventas	Moderado	Moderado	Alto	Alto	Alto	Alto	Moderado
Incertidumbre de retorno	Bajo	Alto	Moderado	Moderado	bajo	bajo	Moderado
Precio de recompra	Crediticio	de mercado	Valor al fin de arriendo	Ninguno	ninguno	ninguno	Crediticio
Demanda secundaria	Alto	Moderado-Alto	Moderado-Alto	bajo	alto	alto	Moderado-Alto
Precio / valor Secundario	Alto	Moderado	Alto	bajo	moderado	moderado	Alto
¿Compite con el mercado primario?	Si	No, mercados de segunda mano	Si	No, mercado de materiales	si	si	Si
Ranço de mercado	Nacional	Regional / Global	Regional	Nacional	Nacional / Regional	Regional / Global	Regional

Tabla 7. Características de producto y mercado para siete retornos típicos [12]

Tipo de Retorno	Retorno Comercial	Retorno por fin de uso (Con valor comercial)	Retorno por fin de uso (Con valor de transformación)	Retorno por fin de vida	Retorno por unidades rellenables	Retorno por contenedores reusables	Retorno por reparación
Tipo de cadena inversa	Distribución inversa	Comercio - Reparación	Híbrido – (re) manufactura	Reciclaje	Reabasto cíclico	Carrusel	Servicio de reparación
Director	Distribuidor	Empresa o Agente de especificación	Fabricante (OEM ²⁷)	Alianzas / Socios de la cadena	Fabricante (OEM)	3PL	Fabricante (OEM)
Conducción principal	Recuperación de valor, Económico	Recuperación de valor, Económico	Recuperación de valor, Económico	Objetivos de recuperación	Mezclado	Costos y espacio del minorista	Valor económico y del cliente
Clase de sistema (lazo)	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Cerrado	Cerrado
(de) Centralizado	descentralizado	descentralizado	centralizado	centralizado	centralizado	descentralizado	centralizado
Enfoque de control	Obsolescencia	Consolidación	Rendimiento / Calidad	Economías de escala	Encomías de escala	disponibilidad	obsolescencia
Tiempo de abasto (lead time)	Días - semanas	Días - semanas	Semanas - meses	Semanas-meses	Semanas	Semanas	Semanas
Adquisición	Retornos por el cliente	Demanda por compra activa	Retornos por el cliente	Políticas y publicidad	Retornos por el cliente	Ultimo usuario	Defecto
Colección	Socios de la cadena	Socios de la cadena	Socios de la cadena	Municipio / Minorista	Minorista	Socios de la cadena	Socios de la cadena
Prueba / Separación	Centro de distribución	Empresa de especificación	Fabricante (OEM)	Empresa de especificación	Socios de la cadena	Deposito	Empresa de especificación
Recuperación	Centro de distribución	Empresa de especificación	Fabricante (OEM)	Empresa de especificación	Fabricante (OEM)	Deposito	Empresa de especificación
Ventas / redistribución	Canal directo	Canales alternativos / socios de la cadena	Canal directo	Mercado de materiales/ socios de la cadena	Canal directo	Canal directo	Canal directo
IT mas comúnmente usada	Inventario manejado por el proveedor	Internet	responsabilidad extendida del productor (EPR)	EPR	?	Tracking y Tracing	?

Tabla 8. Comparación de la cadena inversa con los criterios de retorno y diseño [12]

Así como primer paso dentro del sistema tenemos la fase de *evaluación* del problema y sus posibles implicaciones dentro del sistema, también puede ser considerada una evaluación ex ante del programa de logística inversa, generalmente se dice que existe un problema asociado a la logística inversa, si se reconocen los siguientes problemas dentro de la cadena de suministros:

- Los retornos arriban antes que el procesamiento o disposición sea adecuado.
- Se tiene una cantidad grande de inventario de retornos que esta en el almacén.
- Existen retornos no autorizados o no identificados.
- Existen tiempos de ciclo de procesamiento largos.
- El costo total de los retornos y su procesamiento es desconocido.
- La dificultad para manejar retornos causa malestar al cliente.
- Se pierde la confianza del cliente en una actividad de reparación.

Esta evaluación por sus implicaciones dentro del sistema, puede también ser económica o financiera, para una evaluación económica se usan precios de referencia y beneficios tangibles (en el caso del reciclaje por ejemplo: la menor utilización de rellenos sanitarios, reducción de lixiviados²⁸ que producen contaminantes y que generan gastos por monitoreo continuo) así como intangibles (mejor apariencia de la ciudad).

Para una evaluación financiera se utilizan principalmente los costos asociados con las actividades logísticas, su posible reducción, los ahorros generados, el mejor aprovechamiento de los recursos, y principalmente como una medida de convencimiento y negociación, al mostrar que este tipo de medidas son útiles a la sociedad o a la organización [11].

La segunda fase es la de *reducción de materiales* o en dado caso su reemplazo por otros menos contaminantes o más “amigables” a los procesos de reutilización o reciclaje, esto se hace principalmente en dos grandes categorías la reutilización o la modificación de los materiales de empaque (generalmente

para su reutilización dentro del sistema) o el reemplazo de ciertos materiales para bajar los costos, siempre cuidando que estos sean ambientalmente agradables o en dado caso rediseñando el producto para una posterior reutilización de sus componentes (como se hace actualmente con las computadoras o los teléfonos celulares) [11].

En la tercera fase tenemos a la *reducción de los retornos*, esta puede ser integrada a una sola fase con la reducción de materiales puesto que al iniciar el estudio del sistema puede ser necesario mapear el proceso inicial de principio a fin, de manera que se puedan apreciar en contexto las principales causas que originan el retorno (este también puede ser por un material defectuoso que puede poner en peligro la vida del usuario, como es el caso de un medicamento). Las condiciones de entrada al sistema de los retornos deben ser tales que se reduzcan al mínimo, para que de esa forma sea mas fácil el manejarlos, y al mismo tiempo no se ocupen los recursos escasos que pueden manejarse mas provechosamente dedicados a la competencia principal del negocio [11].

La siguiente fase es la de *colecta de los retornos*, que es una de las partes más complejas de la logística asociada a los retornos, es donde se empiezan a manejar puntos de diseño como: los tiempos de recolección, la planificación de las rutas, los puntos de transferencia del sistema, el análisis de los involucrados en el sistema [11].

Una vez que se han colectado los retornos la siguiente fase es la de *clasificación*, que es donde se decide que tipo de tratamiento se le dará al retorno, es decir que tipo de las actividades asociadas con la logística inversa es la mas adecuada para el retorno, dentro de esta categoría deberemos de decidir si debe ser reparado, renovado, reciclado, reprocesado, reutilizado, reutilizar algunas partes (canibalizado) o simplemente asignado para su disposición final (vertedero) [11].

Otra fase muy importante asociada a los retornos es la *colocación de los retornos*, pues una cosa es localizar los retornos acopiarlos y clasificarlos pero si no se tiene en cuenta la colocación de esos retornos, estos no pueden generar valor, haciendo que todo el proceso sea inútil, dentro de esta fase se decidirá que hacer con los retornos. Es decir que se buscará colocarlos en un centro de distribución para su posterior colocación en un mercado, ya sea este primario o secundario [11].

Finalmente tenemos la fase de *medición y control*, la cual es también una evaluación ex post que nos permite evaluar la eficacia de nuestros objetivos y controlar la eficiencia del proceso. Al mismo tiempo que nos permite generar una realimentación del proceso de diseño de tal manera que se puedan modificar los puntos del programa que se consideren pertinentes.

Una vez puestas todas las fases en contexto dentro de una organización, el programa puede ser diseñado, tomando en cuenta las observaciones hechas por los dueños de los procesos, puesto que su conocimiento experto del sistema puede ayudar a salvar algunos puntos oscuros que se pueden omitir por el desconocimiento del mismo proceso descrito.

A continuación se presentaran los puntos más importantes a considerar en las fases [11].

2.8.1 Evaluación financiera

Como se mencionó anteriormente la evaluación financiera de un programa de este tipo incluye los costos asociados con las actividades logísticas, su posible reducción, los ahorros generados, el mejor aprovechamiento de los recursos, y principalmente como una medida de convencimiento y negociación, al mostrar que este tipo de medidas son útiles a la sociedad o a la organización.

De acuerdo a estos lineamientos lo que se presentara a continuación son las formas que pueden ser útiles, para presentar los argumentos de negociación y valoración de un programa de este tipo, tomando en cuenta las razones financieras que pueden ser de soporte cuantitativo para mostrar los beneficios financieros de este tipo de programa [11].

2.8.1.1 El análisis de rentabilidad

El análisis de la rentabilidad (ROA, por sus siglas en inglés) es un medio para evaluar las actividades logísticas y los cambios propuestos a los sistemas logísticos de una empresa. El análisis de la rentabilidad va más allá del análisis de costos totales incorporando el impacto de los ingresos generados por las actividades logísticas. Por ejemplo, un nivel de servicio que se ha mejorado puede provocar un aumento en los ingresos ya que los clientes preferirán su producto debido a sus niveles servicio.

Tales cambios deben incorporarse en el análisis del sistema. Adicionalmente, el impacto de los recursos liberados como los niveles del inventario, cuentas por cobrar y activos logísticos fijos (almacenes) deben incorporarse en un marco de análisis.

Una medida crítica de éxito estratégico es el Rendimiento sobre la Inversión (ROI: Return Over Investment) que puede medirse típicamente por uno de los métodos existentes como el Rendimiento sobre el Valor Neto (RONW: Return Over Net Worth), o por Rendimiento sobre los Activos (ROA: Return Over Assets). El RONW mide la rentabilidad de los fondos que los dueños han invertido en el negocio, y es probablemente más de interés a accionistas e inversionistas. El ROA proporciona una perspectiva más operacional proporcionando una perspectiva de que tan bien son utilizados los recursos operacionales para generar ganancias. Así, el ROA se vuelve una herramienta directiva importante para el análisis de la rentabilidad logística.

Usando el análisis ROA podemos entender mejor el impacto de las decisiones de la logística inversa. De hecho, el impacto puede describirse ampliamente en lo que se refiere a los siguientes puntos:

- Reducciones de costos que son producidos a través de las reducciones de costo de los bienes vendidos y los gastos operativos;
- La rotación mejorada de los recursos a través de un buen manejo de los inventarios; y
- La mejora en los ingresos a corto y largo plazo a través de ventas adicionales y

mantenimiento del producto a precio completo debido a la existencia de stock más nuevo que es ofrecido a sus clientes [11].

2.8.1.2 Costos de desensamble y reproceso

Los costos de desensamble y reproceso determinan el costo del sistema de reciclaje (para una operación de remanufactura), para un sistema dado, cuando crece el numero de subensambles individuales, los costos de los subensambles crecen y el costo de reproceso cae, los subensambles mas grandes que son removidos de un producto, requieren un reproceso o técnica mas compleja, y un numero grande de subensambles homogéneos simples requiere mas tiempo para desensamble, pero

son mas simples de reprocesar. Algunos de estos subensambles inevitablemente tendrán que ser desechados debido a su complejidad y poco valor residual [11].

2.8.1.3 Rotación del inventario

La razón de rotación del inventario se calcula dividiendo el costo de los productos vendidos por el inventario promedio. Toda vez que el inventario siempre se expresa en términos del costo histórico, debe dividirse por el costo de los productos vendidos en lugar de dividirse por las ventas (las ventas incluyen un cierto margen para las utilidades y no se encuentran conmensuradas con el inventario). El número de días en el año dividido por la razón de rotación del inventario proporciona la razón de días de inventario. Esta razón esta representada por el número de días que se requieren para que los bienes sean producidos y vendidos, las empresas al menudeo y los mayoristas la denominan con el nombre de vida de anaquel.

Las razones de inventarios, que miden la rapidez con la cual se produce y se vende el inventario, son significativamente afectadas por la tecnología de la producción de los bienes en proceso. También son afectadas por la condición perecedera de los bienes producidos. Un fuerte incremento en la razón de días de inventario podría significar un inventario increíblemente cuantioso de productos terminados no vendidos o un cambio en la mezcla de productos de la empresa hacia bienes con periodos de producción mas prolongados [11].

2.8.1.4 Rendimiento sobre los activos

Una medida común del desempeño administrativo es la razón de los ingresos a los activos totales promedio, tanto antes como después de impuestos.

Las empresas pueden incrementar el ROA mediante el aumento de los márgenes de utilidad o la rotación de los activos. Desde luego, la competencia limita su capacidad para lograr ambas cosas simultáneamente. De tal modo, las empresas tienden a enfrentarse con un juego de alternativas entre la rotación y el margen. Por ejemplo en el comercio al menudeo, un minorista como Walmart tiene

márgenes bajos y rotaciones altas (aproximadamente renueva su inventario cada 2 o 3 días), mientras que las tiendas de joyería de alta calidad tienen márgenes altos y rotaciones bajas [11].

2.8.2 Reducción de materiales y retornos

El reemplazo de ciertos materiales o el rediseño del producto para una posterior reutilización de sus componentes compete exclusivamente a las organizaciones y es muy difícil dar lineamientos generales de cómo puede ser hecho este proceso, si bien en la literatura se encuentran ejemplos estos están mas bien enfocados a los fabricantes de los productos.

Con respecto a la parte de reuso de los materiales de empaque, se pueden dar lineamientos generales de cómo se puede hacer uso de ellos, de hecho lo mas difícil de este reuso de materiales de empaque es cómo calcular la tasa de utilización real y como controlar la gestión de la devolución, para ello es necesario acopiar cierta información del empaque de re-uso, que debe obedecer a lo siguiente:

1. El empaque debe diseñarse específicamente para re-uso es decir debe ser robusto y capaz de hacer numerosos viajes/entregas etc.
2. El empaque debe hacer un mínimo de dos o más viajes de retorno. No importa si esto ocurre entre dos partes o dentro de un sistema.
3. Debe haber un acuerdo entre las partes involucradas (minoristas, distribuidores, fabricantes etc...) para declarar que están involucrados en el reuso de materiales. Esto debe documentarse para propósitos de una auditoria.
4. Se deben tener en cuenta que:
 - El mayorista solo removerá una pequeña cantidad del empaque terciario (empaque para su transporte y consolidación de envíos).
 - El minorista removerá todo lo demás (empaque secundario, empaque con varias unidades hecho por el fabricante) excepto lo que esta asociado con el producto primario.
 - El usuario final removerá todo el demás empaque.

En la *fase de reducción de los retornos*, las condiciones de entrada al sistema de los retornos deben ser tales que se reduzcan al mínimo, para que de esa forma sea mas fácil el manejarlos, para hacer esto es necesario mapear el proceso de principio a fin a modo de detectar las posibles mejoras en el sistema, si este estuviera en operación, de cualquier otro modo se deberán cuidar los puntos siguientes:

- La selección de la estrategia del canal adecuado;
- Las políticas adecuadas de autorización de retornos;
- Las políticas adecuadas de asignación de descuento o créditos (para abono del valor de los retornos a la cuenta del cliente); y
- El adecuado nivel de atención post-venta del cliente [11].

2.8.2.1 El Análisis del ciclo de vida de un producto (enfocado a los residuos o desechos)

Los impactos ambientales del ciclo de vida de un producto pueden ser de ayuda para reducir o reemplazar materiales en un producto, y al mismo tiempo servir para analizar las posibles implicaciones que se tienen con los involucrados en el sistema, para muestra de ello se muestra en la Tabla 9, las fases de un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de acuerdo a la jerarquía de los desechos o residuos [11].

Etapas	Daños a la tierra y al ecosistema	Consumo de energía	Emisiones al aire	Desechos vertidos al agua	Desechos sólidos
Extracción o recolección	*				
Procesamiento de materia prima		*	*	*	
Manufactura		*	*	*	*
Transporte		*	*		
Venta minorista					*
Reuso		*		*	
Reciclado		*	*	*	*
Disposición		*		*	*

Tabla 9. Mayores impactos de las diferentes etapas en un análisis de ciclo de vida de un empaque [11]

La jerarquía del manejo de desechos:

1. Reducción de la fuente (Reducir o reemplazar materiales para evitar los desechos).
2. Reuso.
3. Reciclado.
4. Disposición segura.

1. Reducción de la fuente

- Minimización del material requerido para contención, protección y entrega de productos al consumidor.
- Reducción de espesores de pared del empaque a través del rediseño.
- Minimización del peso del paquete.
- Empaque de productos en forma concentrada.
- Empaque productos a granel.
- Mantener el número de capas de empaque a un mínimo [11].

2. Reuso

- Uso de materiales durables para prevenir daño durante el manejo del producto.

- Uso de identificaciones en molde en lugar de etiquetas de papel o plásticas.
- Establezca un sistema del retorno eficaz que aproveche las redes existentes y minimice el transporte.
- Uso de incentivos, como los depósitos monetarios para recipientes, para animar la participación correcta en los sistemas de reuso.
- Uso de los paquetes ligeros de recambio para habilitar reuso de botellas, dentro del hogar [11].

3. Reciclado

- Recordar que aunque un material podría ser físicamente reciclable, no puede llamarse reciclable si no hay ninguna infraestructura y su correspondiente comercialización para procesarlo.
- Intentar usar un solo material compatible, para el reciclaje simple.
- Evitar las láminas o películas no-reciclables dentro del empaque.
- Uso de materiales que pueden reciclarse económicamente.
- Uso de materiales que tienen una colección existente y un sistema de reciclado.
- Si un sistema de la colección no existe, evaluar la viabilidad de colección que use: sistemas de colección selectiva, devolver a tiendas, a escuelas o a la comunidad y los expendedores automáticos inversos.
- Evitar el uso de etiquetas, adhesivos, capas y acabados que pueden contaminar el material reciclado.
Uso de etiquetas hechas en molde o etiquetas hechas del mismo material.
- Uso de adhesivos solubles en agua para etiquetas.
- Uso íntegro (en molde) de terminados en lugar de capas o pinturas.
- Verificar que las tintas son compatibles con el reciclaje.
- Verificar que el consumidor este informado sobre la reciclabilidad del producto.

- Adoptar los sistemas de codificación de plásticos administrados por las asociaciones de Industrias Químicas. Este es un sistema voluntario donde se usan los números específicos para identificar los tipos de polímeros diferentes (en México es la norma NMX-E-232-SCFI-1999).
- Especificación de los materiales reciclados en los paquetes donde la higiene estricta o los requisitos de pureza no aplican [11].

4. Consumo de energía

- Evitar los componentes innecesarios del empaquetamiento.
- Uso de materiales ligeros.
- Aumentar al máximo la eficacia de la energía de procesos de la producción.
- Evitar o minimizar la necesidad por refrigeración (por ejemplo, a través del uso de asépticos o empaque al vacío).
- Planificar un programa de colección eficaz para reuso o reciclado, para minimizar los impactos de transporte.
- Realizar una auditoria de energía a través del ciclo de vida: extracción, procesamiento, transporte, almacenamiento refrigerado (si es requerido), reciclado, disposición, y determinar áreas de preocupación.

Algunos productos usarán cantidades grandes de energía en una fase de su ciclo de vida pero lo recuperarán en otras fases. Por ejemplo si se consideran dos tipos diferentes de paquetes de frijoles: una lata de acero y una bolsa de congelador plástica. El acero puede tomar aproximadamente tres veces más energía para producirse que la bolsa plástica. Y la lata es aproximadamente seis veces más pesada al transportarse pero, dependiendo de cuánto tiempo se guardará, podría usar menos energía en su vida que la bolsa del congelador debido a que no necesitara refrigeración de almacenamiento, ni un transporte refrigerado [11].

5. Disposición segura

- Uso de cualquier técnica de reducción en la fuente apropiada.
- Minimizar la incidencia de desechos tóxicos por la selección cuidadosa de componentes.
- Uso de compañías de procesamiento o reciclaje de materiales tóxicos.
- Etiquetar los paquetes de materiales tóxicos con instrucciones para su disposición segura.
- Evitar el uso de tintas, tintes, pigmentos, estabilizadores y adhesivos dónde sea posible [11].

2.8.3 Colecta de los retornos

Esta es una de las partes más complejas de la logística asociada a los retornos, es donde se empiezan a manejar puntos de diseño como:

- Tiempos adecuados de colección.
- Planificación de las rutas de colección.
- Puntos de transferencia del sistema.
- Análisis de los involucrados en el sistema [11].

2.8.3.1 La planificación de rutas y los tiempos adecuados de colección

Con la revisión y reorganización de las rutas existentes se puede lograr el ahorro de tiempo de recolección y ahorro de costos por la disminución del consumo de gasolina.

La planificación correcta de las rutas es un trabajo complejo, que tiene que tomar en cuenta diferentes parámetros (cantidad de unidades a coleccionar, la capacidad de los vehículos, las vialidades y la topografía de la zona, etc.), generalmente se deben revisar las rutas existentes para detectar [11]:

1. Coincidencias entre las rutas

Los camiones de colección de diferentes rutas pasan por los mismos lugares, donde ya han sido colectadas las unidades por otro camión.

2. Localidades poco convenientes

Localidades que, por distancia, accesibilidad u otras razones no encajan con la ruta a donde pertenecen deben ser cambiadas a otras rutas.

3. Tiempo de colección

Dependiendo de las rutas, puede ser más económico que la colección se ejecute a la vuelta de localidades donde los camiones pasan dos veces (ida y vuelta a las localidades lejanas). Eso tiene la ventaja que el camión recorre las distancias largas con poco peso (ahorro de gasolina, menor desgaste, velocidades mayores). Generalmente se debe intentar que los camiones que se están llenando vayan acercándose al sitio de disposición final.

4. Hora de la recolección

En dependencia de la estructura urbana (por ejemplo calles estrechas y con mucho movimiento en el centro) es importante de definir la hora exacta de la recolección para ser eficiente y para evitar la afectación al transito normal (por ejemplo durante la noche).

2.8.3.2 La transferencia de los retornos

Los camiones de colecta son adecuados para este servicio pero generalmente son poco eficientes para llevar su carga por grandes distancias ya que la capacidad se ve limitada por diferentes razones. En casos en los que el sitio de disposición está lejos de la ciudad, puede ser recomendable instalar un punto de transferencia y consolidar la carga en grandes camiones (tipo trailer). La decisión debe ser tomada con base en un cálculo de costo-beneficio.

La complejidad de un punto de transferencia depende mucho de su localización. Si están ubicadas en la zona urbana las zonas aledañas requieren medidas de protección especiales (como pueden ser la minimización de ruidos por operación y paso de camiones, o en el caso de residuos o desechos la volatilidad de polvos, y la reducción de olores, entre otros) [11].

2.8.3.3 Consultas a los grupos potencialmente afectados (Análisis de

actores)

El objetivo es obtener los puntos de vista de la comunidad interna y externa sobre los impactos esperados y las medidas de mitigación o de compensación a ser adoptadas y que deben considerar las necesidades y preocupaciones de los grupos afectados. Las consultas a los involucrados deben ser documentadas, para evitar problemas futuros [11].

Proveedores	• Los proveedores pueden proveer a sus clientes la información acerca del manejo, reciclado o disposición final adecuados de los productos pos-consumo;
Productores	• Los productores pueden diseñar sus productos para realizar su función con los mínimos efectos ambientales y facilitar, como sea apropiado, su re-uso al final de su vida, su reciclado o la recuperación de su energía; así como la operación de sus instalaciones de manera ambientalmente adecuada. también pueden trabajar con sus proveedores, a fin de identificar oportunidades para lograr una mayor eficiencia, mejorar el diseño de los productos, o para su ensamble parcial que reduzca la duplicación o el despilfarro de recursos más tarde en el proceso de fabricación;
Transportistas y embarcadores	• Los transportistas y embarcadores pueden cooperar en el desarrollo de procedimientos más eficientes para el manejo y embarque (por ejemplo, innovaciones en los contenedores para reducir consumo de energía)

Comercializadores al menudeo	• Los comercializadores al menudeo pueden proporcionar retroalimentación a los actores que se encuentran hacia arriba en la cadena y difundir a los usuarios y consumidores la información acerca del uso apropiado y manejo adecuado de los productos al final de su vida útil;
Usuarios y consumidores	• Los usuarios y consumidores pueden educarse ellos mismos en relación con el desempeño ambiental de los productos que compren y acerca de cómo manejarlos y usarlos de manera a mejorar dicho desempeño ambiental; así como pueden proporcionar retroalimentación a los productores sobre los atributos deseables de sus productos; la forma de usarlos adecuadamente; y la participación apropiada en los programas o planes establecidos para manejar los productos al final de su vida útil.

Tabla 10. Ejemplos de Actores y su Papel en la Cadena de Productos Sujetos a Planes de Manejo [11]

Las consultas a las comunidades, que pueden ser afectadas por los impactos adversos de un proyecto de este tipo, son un paso requerido para los diferentes análisis que se requieren para evaluar económicamente un proyecto (de hecho es un paso requerido si se estima utilizar un crédito de ayuda internacional (Banco Mundial, Banco Internacional de Desarrollo), como es el caso de los residuos sólidos o simplemente para hacer llegar el programa a todos los niveles de la organización).

Uno de los puntos que se deben cuidar al hacer este tipo de análisis es que para obtener un buen conocimiento del papel que cada uno de los actores tiene en la gestión de los retornos, se debe analizar la función y el alcance de estos para aprovechar mejor sus experiencias, conocimientos y grado de autoridad para una mejor gestión de los programas [11].

Papel de los actores	Observaciones
Gobierno nacional	Juegan un papel clave en el establecimiento de las políticas, la verificación del cumplimiento de las obligaciones jurídicas y la interlocución con los responsables de implantar los programas o planes de manejo. Además, pueden contribuir al éxito de los mismos a través de : a) Crear conciencia acerca de los programas y requisitos para el desarrollo de los mismos. b) Eliminar las políticas que sean inconsistentes con los objetivos que se persiguen (por ejemplo, eliminación de subsidios a la extracción de materiales vírgenes); c) Implantar políticas y medidas de apoyo como las "compras verdes del gobierno" o el cobro de los residuos domiciliarios en función de la cantidad que se genere; d) Eliminar las barreras que se opongan a esta política; e) Establecer mecanismos para evitar que existan "evasores o gorriones" f) Eliminar obstáculos que puedan afectar la iniciación de los programas o planes de manejo
Gobiernos locales	Independientemente del modelo que se adopte, los gobiernos locales juegan un papel coyuntural ya sea para recolectar y acopiar los productos descartados en las fuentes generadoras para ponerlos en manos de los productores o para desviarlos hacia éstos. Pueden también ayudar a estimular los mercados del reciclado, asistir a las empresas interesadas en invertir en dichos mercados y difundir información acerca de nuevas tecnologías de reciclaje, procesos limpios de producción, productos más limpios y de los propios planes de manejo de los productos. La implantación de estos esquemas demanda una mayor concertación de las autoridades locales con los actores que intervienen en el desarrollo de los planes y con la industria, así como una coordinación efectiva con las autoridades de los otros órdenes de gobierno.
Consumidores	La selección de los productos por parte de los consumidores y la forma como éstos los manejen al final de su vida útil son decisivos para el éxito de los planes de manejo de los mismos. Para ello se requiere implantar una estrategia de comunicación continua y participación activa de los consumidores en la implementación de los planes.
Comercializadores al menudeo	Por su posición estratégica en los esquemas de devolución de los productos, se debe definir con precisión su responsabilidad y proporcionarles los elementos necesarios de información para que se ocupen, en su caso, de recolectar los cargos para el fondo destinado al manejo de los productos devueltos, aceptar la devolución de los mismos, dar información al consumidor, etcétera.
Organizaciones relacionadas con la responsabilidad del productor	Cuando sea impráctico o no económicamente factible que cada productor se ocupe de recibir en devolución sus productos, puede recurrir a organizaciones formadas ex profeso. La necesidad de su creación depende del instrumento de política seleccionado para el manejo y recolección de los productos pos-consumo, y otros factores como el número de productores o importadores.

Tabla 11. Ejemplos del papel que juegan diversos de los actores involucrados en la implantación de los planes de manejo de productos al final de su vida [11]

2.8.3.4 Métodos Heurísticos para la colecta

Algunos lineamientos heurísticos que deberían ser tomados en consideración cuando se planean las rutas de colección, son los siguientes:

- La existencia de políticas y regulaciones relativas a detalles como el punto de recolección y la frecuencia de recolección.
- Las características de los vehículos como son el tamaño del equipo y el tipo de camión que deben ser coordinados.
- Cuando sea posible, las rutas deben ser planeadas para comenzar y terminar cerca de calles arteriales, usando barreras topográficas y físicas como fronteras de las rutas.
- En áreas de colina, las rutas deben comenzar en la parte alta y continuar colina abajo, de tal manera que, cuando el camión esté totalmente cargado no tenga necesidad de ir cuesta arriba.
- Las rutas deben ser planeadas para que el último contenedor a ser recolectado en la ruta esté localizado lo más cerca del sitio de disposición final.
- La recolección hecha en las localidades de tráfico congestionado, deberían ser colectados lo más temprano del día que sea posible, o en un horario en el que el tráfico afecte lo menos posible el recorrido del vehículo.
- Las fuentes en las cuales cantidades extremadamente grandes de unidades sean generadas, deben ser servidas durante la primera parte del día.
- En puntos dispersos, en donde pequeñas cantidades de unidades son generadas y que reciben la misma frecuencia de recolección, deberán, si es posible, ser servidos durante un viaje o en el mismo día [11].

2.8.4 Clasificación de los retornos

Esta fase es donde se decide que tipo de tratamiento se le dará al retorno, es decir que tipo de las actividades asociadas con la logística inversa es la mas adecuada para el retorno, dentro de esta categoría deberemos de decidir si debe ser reparado, renovado, reciclado, reprocesado, reutilizado, reutilizar algunas partes (canibalizado) o simplemente asignado para su disposición final (vertedero), generalmente esta fase depende mucho de las reglas de clasificación que se tengan en el sistema, así como de la experiencia manejando retornos del personal.

Cada una de estas categorías fueron descritas en el punto 2.5 Alternativas finales para productos en el canal inverso [11].

2.8.5 Colocación de los retornos

Una vez que se han acopiado y clasificado los retornos se deben colocar para su disposición, de manera que estos puedan generar valor.

Dentro de esta fase se decidirá que hacer con los retornos. Es decir que dependiendo de las condiciones del retorno, de las obligaciones contractuales con el vendedor y la demanda del producto, la empresa optara por uno o varios de estos canales (estos canales se resumen en la Tabla 12):

1. Retomo a través del vendedor-distribuidor (por defectos, retornos del mercado, obsolescencia o exceso de existencias): Cuando un productor se da cuenta de que ha colocado un producto defectuoso en el mercado puede estar interesado en recuperarlo a través de sus vendedores; de este modo el cliente puede no llegar a apreciar el error, preservando así la imagen del productor. Otra opción es que quiera evitar que el producto retomado entre en otro canal de depósito o Canibalización. En esté caso, el propósito perseguido es proteger la marca.
2. Venta como nuevo (en caso de que el producto no haya sido usado o abierto): Podría ser necesario reembalar el producto de modo que el cliente no sea capaz de detectar que el producto esta siendo revendido. En algunas industrias hay restricciones legales o de otro tipo para la reventa como nuevo de productos retomados.
3. Venta como final de existencia o con descuento: Si el producto ha sido retornado o si el vendedor tiene exceso de inventario, puede ser vendido en una tienda de fin de existencias. En la industria de la ropa es habitual este canal, sobre todo cuando se dispone de grandes cantidades de artículos al final de la temporada. Vender a través de este tipo de tiendas ofrece una serie de ventajas: se mantiene el control de los productos y se conoce donde son vendidos los productos. Para muchas empresas, esto les permite

mantener su reputación, que es crítica para su posición en el mercado. Sin embargo, las tiendas de fin de existencias conllevan más riesgos y gastos.

4. Venta en el mercado secundario: Cuando una empresa no ha sido capaz de vender un producto, no puede devolverlo a su distribuidor y es incapaz de venderlo en una tienda de fin de existencias. Una de sus últimas opciones es venderlo en el mercado secundario. Se trata de empresas que se especializan en la compra de productos descatalogados, excesos de inventarios o artículos dañados, a precios más bajos.

5. Donativo benéfico: Si el producto es todavía servible. Aunque quizás tenga algún daño estético, vendedores o distribuidores pueden decidir donarlo a organizaciones benéficas.

6. Reprocesamiento o la renovación.

7. La recuperación de materiales (reciclaje) o vertedero.

Tabla 12. Colocación de los retornos [7]

Existe una disparidad entre las formas de disposición que podemos encontrar entre un minorista y un fabricante, esto podemos verlo mas fácilmente si se consulta la Tabla 13, el fabricante tenderá a elegir canales de disposición similares al minorista, solo en el caso de que el producto pueda ser vendido en su versión original (la máxima recuperación de valor), en el caso de disposición final de desechos el fabricante es mas propenso a utilizar medidas como el reciclaje, (dado que es posible, utilizar el material recuperado dentro de su misma línea de producción) y el vertedero (dado los costos elevados de reciclaje de algunos materiales, o de la inexistencia de mercados que puedan hacer uso de estos materiales) [11].

Disposición	Minoristas	Fabricantes
Enviado a una instalación de procesamiento centralizada	29.2%	17.7%
Vendido como esta	21.4%	23.5%
Re-empaquetado y vendido como nuevo	20.5%	20.0%
Remanufacturado / Renovado	19.9%	26.7%
Vendido a un intermediario	16.8%	10.1%
Vendido a un mercado secundario (tienda de saldos)	14.5%	12.8%
Reciclado	14.1%	22.3%
Disposición final en vertedero (relleno sanitario)	13.6%	23.8%
Donado	10.6%	11.8%

Tabla 13. Comparación de opciones de disposición entre los minoristas y los fabricantes [7]

2.8.6 Medición y control

Esta es también una evaluación ex post que nos permite evaluar la eficacia de nuestros objetivos y controlar la eficiencia del proceso. Al mismo tiempo nos permite generar una realimentación del proceso de diseño de tal manera que se puedan modificar los puntos del programa que se consideren pertinentes.

Rogers y Tibben-Lembke (1998) identifican algunos elementos como claves para lograr el éxito de la implantación de la logística inversa estos son:

- *La mejora del mantenimiento de barreras a la entrada de retornos en el canal inverso:* Se trata de poner freno a la mercancía retomada defectuosa o no garantizada.

El concepto de absorber el riesgo de que un producto pueda estar defectuoso, dañado. O simplemente no ser deseado, atrae clientes, incrementando las ventas, y al mismo tiempo, causando problemas a los vendedores. Aunque estas políticas liberales de retornos atraen clientes, también pueden estimular el abuso por su parte.

- *Una reducción del tiempo de ciclo:* Frecuentemente, cuando el material regresa a un centro de distribución, no esta claro si el articulo es defectuoso, puede ser reutilizado o renovado, o necesita ser enviado a un vertedero. Parte de la dificultad que tienen las empresas en reducir el tiempo de ciclo es que los empleados tienen dificultad en tomar decisiones cuando las reglas de decisión no están claramente establecidas y las excepciones son frecuentes. Es más fácil devolver el producto a una etapa previa en el canal, porque reduce tanto el personal como el riesgo de la empresa.

- *Los sistemas de información de logística inversa:* Uno de los problemas mas serios a los que se enfrentan las empresas en la ejecución de una operación de logística inversa es la escasez de buenos sistemas de información.

Los limitados recursos informáticos de la empresa hacen que estos no estén disponibles para las aplicaciones de logística inversa, puesto que no son una prioridad de los departamentos de sistemas de información.

- *Los sistemas de información centralizados:* Los centros de retomo centralizados son instalaciones de procesamiento dedicadas al manejo rápido y eficiente de retornos. En un sistema centralizado, todos los retornos son llevados a una instalación central donde son clasificados, procesados y entonces son embarcados hacia el siguiente destino. Este sistema tiene la ventaja de crear los mayores volúmenes posibles para cada uno de los clientes del flujo de logística inversa, los cuales frecuentemente reciben mayores ingresos por cada artículo retornado. También permite a la empresa maximizar su retomo en los artículos, debido, en parte, a la clasificación de los especialistas que desarrollan experiencia en ciertas áreas y consecuentemente pueden encontrar el mejor destino para cada producto.

- *Programas de cero Retornos:* En este tipo de programas, el productor y distribuidor no permiten que los productos retornen por el canal de suministros. Esto libera a los miembros del canal hacia adelante de enfrentarse con una parte de la gestión de la logística inversa, aunque no reduce la actuación de los miembros hacia atrás.

En este tipo de programas el suministrador dice a sus clientes que no aceptara ningún producto como retomo una vez realizado el pedido. Por ello le concede un descuento en el pedido. Según el caso, los retornos que aparezcan serán destruidos o desechados por otra vía. Así el productor se puede centrar en la venta de nuevos productos solamente delegando en una tercera parte el proceso de recuperación que se agiliza al ser realizado por una entidad especializada en ello.

- *Negociación:* Es una parte clave del proceso de logística inversa. Los precios de los retornos se negocian sin ninguna referencia previa. Así, algunos de los participantes en la negociación no comprenden completa y exactamente el valor real de los materiales retomados, creando oportunidades a terceras partes que operan al margen. Algunas veces, las negociaciones son llevadas por terceras partes especializadas que trabajan para transferir el material retomado a la fuente original.

- *Gestión financiera:* La preocupación principal es determinar la estructura financiera de un sistema logístico inverso, y la manera en la que el producto es depositado. La mayoría de las empresas necesita mejorar los procesos contables internos para integrar en ellos las operaciones de logística inversa.

Frecuentemente, los costos de los retornos son cargados al departamento de ventas, lo que puede complicar el proceso logístico inverso. Si el personal de ventas es penalizado por los retornos, tratara de depositar rápidamente el material retomado sin buscar la vía más adecuada para recuperar su valor.

- *Outsourcing de las operaciones de logística inversa:* Muchas empresas están subcontratando la mayoría o todas las actividades logísticas, algunas de las cuales extienden la subcontratación al flujo inverso del producto. Frecuentemente, los proveedores externos realizan mejor las actividades inversas y se convierten en especialistas en la gestión del flujo inverso, actuando como claves en los servicios para recuperar valor tales como reprocesamiento y renovación.

La medición y control puede estar íntimamente ligada a la tecnología Rogers & Tibben-Lembke en su encuesta realizada entre varias empresas se encontraron las mas utilizadas normalmente.

Tecnología	Minoristas	Fabricantes
Equipo automático de manejo de materiales	31.1%	16.1%
Códigos de barras	63.3%	48.7%
Rastreo computarizado de retornos	60.0%	40.2%
Entrada de retornos computarizados en cualquier punto de la cadena de suministro	32.2%	19.1%
EDI (Intercambio Electrónico de Datos)	31.1%	29.2%
RF (Radio Frecuencia)	36.7%	24.6%

Tabla 14. Comparación de tecnologías utilizadas para asistir al procesamiento de la logística inversa entre los segmentos de minoristas y fabricantes

Fuente: Rogers & Tibben-Lembke, 1999

Nuevamente como se puede comparar en la Tabla 15 existe una disparidad entre la tecnologías utilizadas, los minoristas tienden a elegir aquellas tecnologías que permitan rastrear los retornos de una manera automática, una situación que poco a poco los fabricantes están imitando, sin embargo como puede apreciarse en la Tabla 14, la diferencia todavía es muy grande.

Finalmente para lograr un control mas eficiente se deben usar medidas de desempeño, las mas utilizadas dentro del contexto de la logística inversa son las presentadas en la Tabla 15, estas medidas no son todas las que existen (dado que una medida de desempeño, puede depender del tipo de retorno del cual se este hablando), sin embargo las presentadas son las que se pueden encontrar en la literatura [11].

Clasificación de medidas de desempeño	Medida de desempeño (medida sobre producto y ciclo de vida del proceso, excepto cuando es indicado)
Uso de recursos	• Energía total consumida • Material total consumido (ejemplo.- agua, madera, acero, etc...)
Recuperación de productos • Remanufactura • Reuso • Reciclaje	• Tiempo requerido para la recuperación del producto • Porcentaje de materiales reciclables/reusables (volumen o peso) disponible al fin de vida del producto • Porcentaje de volumen o peso del producto recuperado y reusado • Pureza de los materiales recuperados reciclables • Porcentaje de materiales reciclados (peso o volumen) usados como materia prima para manufactura • Porcentaje de disposición o incineración de producto • Fracción de materiales de empaque o contenedores reciclados (numero de veces de reuso)⁴⁸ • Tasa de recuperación del material (MRR: Material Recovery Rate)⁴⁹ • Tasa de núcleo de retornos (CRR: Core Return Rate)⁵⁰ • Razón de recursos vírgenes a reciclados • Razón de materiales reciclados a materiales potencialmente reciclables • Productividad de los materiales: Producción económica por unidad de material de entrada
Características del producto	• Vida útil de operación del producto • Masa total de producto producido • Nivel de servicio⁵¹
Emisiones y exposiciones de desechos peligrosos	• Total de materiales usados (tóxicos o peligrosos) • Total de desperdicios generados (tóxicos o peligrosos) • Emisiones de desechos sólidos • Porcentaje de producto (peso o volumen) dispuestos en rellenos sanitarios • Concentración de materiales peligrosos en productos y subproductos • Riesgo anual estimado de efectos adversos en humanos y medio ambiente • Razón de desperdicio (waste ratio)⁵²: Razón de desechos a la producción total
Económicas	• Costo promedio del ciclo de vida (incurridos por el fabricante) • Costos de operación y compra (incurridos por el cliente) • Ahorro de costos totales del ciclo de vida asociados con las mejoras en los diseños
Económicas / Emisiones	• Eco-eficiencia⁵³: adición del mayor valor con el menor uso de recursos y menor contaminación. Generalmente, "la habilidad de cumplir simultáneamente con costo, calidad, desempeño de objetivos, reducción de impactos ambientales, y la conservación de recursos valiosos".

Tabla 15. Medidas de desempeño de la cadena de suministro extendida [17]

2.9 Fundamentos del Transporte

El transporte normalmente representa el elemento individual más importante en los costos de logística para la mayoría de las empresas. Se ha observado que el movimiento de carga absorbe entre uno y dos tercios de los costos totales de logística [23].

2.9.1 Servicios de transporte y sus características

El usuario de transportación tiene una amplia variedad de servicios a su disposición que giran alrededor de cinco modalidades o modos básicos: marítimo, ferroviario, por camión, aéreo y por ductos o conducto directo. La variedad de servicios de transportación es casi ilimitada. Las cinco modalidades se pueden usar combinadas (por ejemplo, transportación en plataformas o contenedores); pueden utilizarse agencias de transportación, asociaciones de expedidores y corredores para facilitar estos servicios; los transportistas de envíos pequeños (por ejemplo, Federal Express y United Parcel Service) pueden usarse por su eficiencia en el manejo de paquetes pequeños; o se puede utilizar de manera exclusiva un solo modo de transportación. Entre estas opciones de servicio, el usuario elige un servicio o combinación de servicios que proporcione el mejor balance entre la calidad del servicio ofrecido y el costo de tal servicio [10]. La tarea de elección de opción de servicio en algunas ocasiones puede resultar muy sencilla debido a que las circunstancias que rodean una situación particular de envío reducen las opciones sólo a unas pocas posibilidades razonables. Por esta razón solo se analizarán a detalle los modos por ferrocarril, camión, aéreo, servicios intermodales, agencias y servicios de envíos pequeños y transportación controlada por la compañía, debido a que la vía marítima y ductos por

cuestiones de ubicación geográfica entre los destinos (Savannah-Mexicali) y el tipo de producto no son factibles para su consideración.

Como auxilio en la resolución del problema de elección del servicio de transporte, se deben de considerar las características básicas para todos los servicios, como: precio, tiempo de tránsito promedio, variación de tiempo de tránsito, y pérdidas y daños.

Precio

El precio (costo) del servicio de transporte para un consignatario será simplemente la tarifa de transporte de línea para el desplazamiento de bienes y cualquier cargo accesorio o terminal por servicio adicional proporcionado. En el caso de servicio por contrato, la tarifa cargada para el desplazamiento de bienes entre dos puntos más cualquier cargo adicional, como recoger la mercancía en el origen, la entrega en el destino, el seguro o la preparación de bienes para el envío, constituirán el costo total de servicio. Cuando el consignatario es dueño del servicio (por ejemplo, una flota de camiones) el costo del servicio será una asignación de los costos relevantes a un envío particular. Los costos relevantes incluyen rubros como combustible, mano de obra, mantenimiento, depreciación del equipo y costos administrativos [10].

El costo de servicio varía de manera importante de un tipo de servicio de transporte a otro. En la tabla 16 se ofrece el costo aproximado por tonelada-milla por los cinco modos de transportación. Obsérvese que el transporte aéreo es el más costoso y el transporte marítimo o por ductos son los más económicos. El envío por camión es casi siete veces más caro que el ferroviario, y el ferroviario es casi cuatro veces más costoso que el marítimo o por ductos. Estas cifras son los promedios que resultan de la proporción del ingreso de carga generado por un modo al total de toneladas por milla enviadas. Aunque estos costos promedio pueden utilizarse para comparaciones generales, las comparaciones de costos con el propósito de selección de servicio de transporte se deben hacer con base en los cargos reales que reflejan la

mercancía enviada, la distancia y la dirección del desplazamiento, así como cualquier manejo especial requerido [10].

Modo	Precio, c / Tonelada-Milla (promedio)
Ferrocarril	2.28 a
Camión	26.19 b
Marítimo	0.74 c
Ductos	1.46 d
Aéreo	61.2 e
a Clase 1 b Menos que una carga de camión (LTL) c Barcaza d Ductos de petróleo e Nacional	

Tabla 16. Precio promedio de transportación de carga de tonelada-milla por modo de transporte [10]

Tiempo de tránsito y variabilidad

El tiempo de entrega (en tránsito) se refiere por lo general al tiempo promedio de entrega que le toma a un envío desplazarse desde su punto de origen a su destino. Los distintos modos de transportación varían según la posibilidad de proporcionar una conexión directa entre los puntos de origen y destino. Por ejemplo, los envíos se mueven por transporte aéreo entre los aeropuertos o en transporte acuático entre puertos marítimos. Sin embargo, para propósitos de comparación del desempeño del transportista, es mejor medir el tiempo de tránsito de puerta a puerta incluso si está implicado más de un modo. Aunque el movimiento principal de un envío pueda ser por ferrocarril, la recolección y la entrega local se hacen por lo general por camión si ningún apartadero ferroviario está disponible en los puntos de origen y de destino del embarque.

Variabilidad se refiere a diferencias ordinarias que ocurren entre los envíos por diferentes modalidades. Los envíos que tienen los mismos puntos de origen y de destino y que se desplazan sobre la misma modalidad no estarán necesariamente en tránsito durante el mismo periodo debido a los efectos del clima, la congestión del tráfico, el número de paradas, y las diferencias en el tiempo para consolidar envíos. La variabilidad del tiempo de tránsito es una medida de la incertidumbre en el desempeño del transportista [10].

Uno de los estudios más amplios del desempeño de transportistas fue llevado a cabo en más de 16,000 envíos militares e industriales. Algunos de los resultados se resumen en la figura 4 y en la tabla 17.

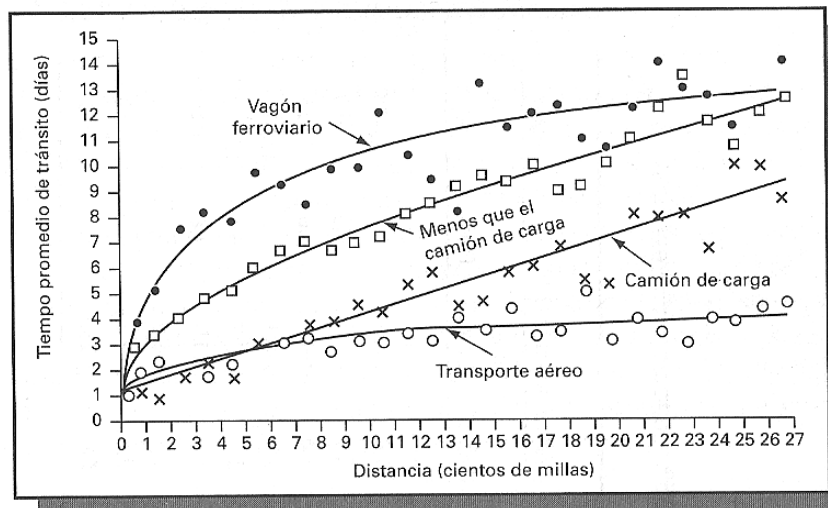


Figura 4. Tiempo de tránsito promedio experimentado por aproximadamente 16,000 envíos militares e industriales por un servicio de transporte seleccionado [24]

Obsérvese de manera particular que en largas distancias, los envíos por ferrocarril y aéreos alcanzan tiempos de tránsito promedios constantes, en tanto que los tiempos de tránsito de camiones continúan en ascenso. Naturalmente en promedio el transporte aéreo es la modalidad más rápida para distancias de más de 600 millas (965 Km.), le siguen en rapidez: el camión de carga, el menor al camión de carga y el ferrocarril. Para distancias menores de 600 millas, el transporte aéreo y el camión son

equivalentes. Para distancias muy cortas de menos de 50 millas (80 Km.), el tiempo de tránsito depende de la operación de recolección y entrega que del tiempo de tránsito del recorrido [10].

MILLAS	VAGÓN DE CARGA		MENOS QUE EL CAMIÓN DE CARGA		CAMIÓN DE CARGA		TRANSPORTE AÉREO		AVIÓN EXPRESS		PLATAFORMA ^a	
	PROM.	95% RANGO	PROM.	95% RANGO	PROM.	95% RANGO	PROM.	95% RANGO	PROM.	95% RANGO	PROM.	95% RANGO
0-49	1.5	0 ^b -3.5	1.7	0-5.1	0.8	0-3.2	— ^c	— ^c	— ^c	— ^c	— ^c	— ^c
100-199	5.2	0-11.9	3.4	0-7.7	2.0	0-5.6	2.3	0-7.7	1.9	0-5.1	3.8	0-7.4
300-399	8.3	1.4-15.2	5.0	0.4-9.6	1.9	0-4.7	1.8	0-5.9	2.1	0-5.7	4.4	1.7-7.1
500-599	9.8	2.5-17.1	6.0	0-12.0	2.7	0-6.4	3.1	1.1-6.0	1.6	0-4.1	6.6	0-13.7
700-799	8.6	0.6-16.6	7.1	0-14.5	4.1	0-8.9	3.2	0.1-6.3	2.3	0-6.1	6.2	1.0-11.4
1000-1099	12.2	2.9-21.5	7.4	1.3-13.5	4.0	1.1-6.9	3.0	0.2-5.9	1.4	0-3.7	6.1	1.5-10.7
1500-1599	11.1	5.6-16.6	8.9	0.7-17.2	5.3	0.8-9.9	4.6	0.7-9.9	1.5	0-4.9	4.6 ^d	0-10.0 ^d
2000-2099	11.5	1.4-21.5	11.1	3.2-18.9	8.0	0-16.1	4.0	0-9.0	1.8	0-4.6	5.1 ^d	2.6-7.7 ^d
2500-2599	12.4	8.3-16.6	12.3	6.7-17.9	8.8	3.3-14.3	4.4	0-10.1	3.4	0-9.6	6.7 ^d	1.1-12.2 ^d
3000-3099	10.6	1.5-19.7	12.9	3.8-22.0	10.4	5.9-14.9	3.2	0.7-7.0	6.0	0-23.3	5.6 ^d	3.9-7.3 ^d

^a Trailer sobre vagón de plataforma
^b El cero se refiere a entregas de envíos hechas en menos de un día
^c Información insuficiente
^d Información de DeHaves

Tabla 17. Comparación del tiempo de tránsito promedio y el rango de tiempo

para 95% de los envíos, en días, para diferentes servicios de

transporte y distancias seleccionadas [24] [25].

Pérdidas y daños

Debido a que los transportistas difieren en su habilidad para desplazar la carga sin pérdidas ni daños, la experiencia en pérdidas y daños se vuelve un factor importante en la selección de un transportista. La condición del producto es una consideración principal del servicio al cliente.

Los transportistas comunes tienen la obligación de desplazar la carga con una rapidez razonable y de hacerlo con cuidado razonable con el fin de evitar pérdidas o

daños. Esta posibilidad se aminora si la pérdida y el daño son resultado de un desastre natural, incumplimiento del consignatario u otras causas fuera del control del transportista. Aunque los transportistas, bajo adecuada presentación de los hechos por parte del consignatario, asuman la pérdida directa sustentada por el consignatario, existirán ciertos costos imputados que el consignatario deberá enfrentar antes de hacer una selección del transportista [10].

Posiblemente, la pérdida más notable que el consignatario pueda enfrentar se relaciona con el servicio al cliente. El envío de bienes puede ser para reabastecer el inventario del cliente o para uso inmediato. Los envíos demorados o bienes que llegan en pésimas condiciones implicarán inconvenientes para el cliente o tal vez costos de inventario más altos que surgen de un mayor número de inventarios agotados o pedidos con retraso cuando el inventario de reabastecimiento anticipado no se recibe como lo planeado. El proceso de reclamación toma tiempo para reunir los hechos pertinentes a la reclamación, consume esfuerzo por parte del consignatario para preparar la forma de reclamación adecuada, congela capital mientras la reclamación está en proceso y en ocasiones implica un gasto considerable si la reclamación puede resolverse solo mediante acción de la corte. Una reacción común de los consignatarios ante una alta probabilidad de daño es proporcionar un mayor empaque protector. Este gasto también deberá ser asumido finalmente por el usuario [10].

2.9.2 Opciones de servicio sencillo

Cada uno de los cinco modos de transportación ofrece sus servicios en forma directa al usuario. Esto contrasta con el uso de un “intermediario de transportación”, como un agente transportista, quien vende servicios de transportación pero por lo general no posee (ni en menor medida) capacidad de desplazamiento de transporte de línea.

2.9.2.1 Ferrocarril

El ferrocarril es una empresa de transporte de larga distancia y baja velocidad para materias primas (carbón, madera y químicos) y productos manufacturados de bajo valor (productos alimentarios, de papel y de madera) que prefiere desplazar tamaños de envío de al menos un vagón completo. En 1999, la longitud promedio de un recorrido de este tipo fue de 712 millas (1145 Km.) [26] con una velocidad promedio del tren de 20 millas por hora (32 Km por hora) [10]. La distancia promedio de recorrido en un día fue de 64 millas (103 Km) en el servicio de transporte de línea [10]. Esta relativa baja velocidad y corta distancia recorrida en un día refleja el hecho que la mayor parte del tiempo de vagón de carga (86%) se destina a las operaciones de carga y descarga, al desplazamiento de un lugar a otro dentro de las terminales, a la clasificación y ensamblado de vagones en los trenes o a los tiempos muertos durante un desplome estacional de la demanda de vagones [10].

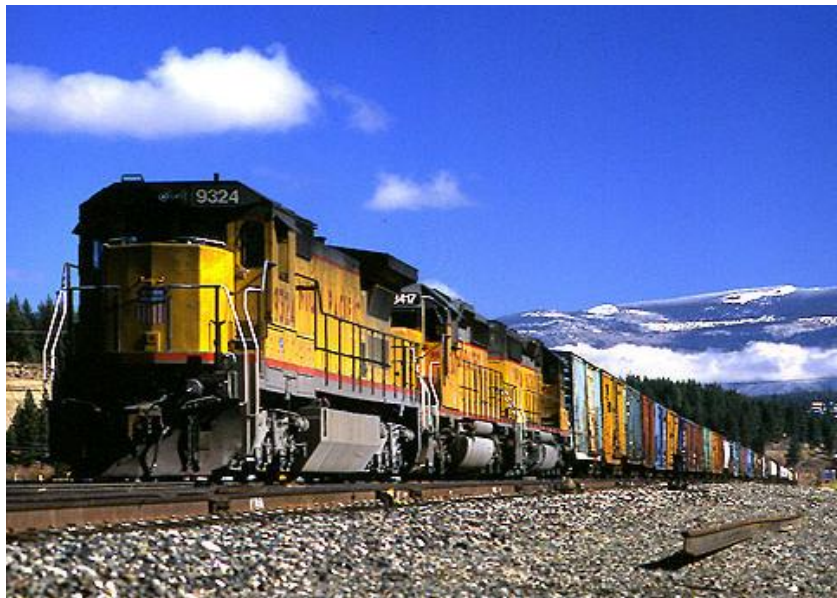


Figura 5. Ferrocarril Union Pacific

El servicio de ferrocarril existe en dos formas legales: el transportista común o la propiedad privada. El transportista común vende sus servicios de transportación a todos los consignatarios y está guiada por las regulaciones económicas y de seguridad de las agencias gubernamentales apropiadas. En contraste, los transportistas privados son propiedad del consignatario con la intención común de servir sólo al propietario. Debido al ámbito limitado de las operaciones de transportistas privados, no se requiere ninguna regulación económica. Casi todo el movimiento ferroviario es del tipo de transportista común [10].

El ferrocarril posee altos costos fijos y relativamente bajos costos variables. La carga, descarga, facturación y cobro, y la conmutación de estaciones de múltiples envíos contribuyen a los altos costos de terminal de ferrocarril. El mayor volumen por envío y su efecto sobre la reducción de los costos de terminal generan ciertas economías de escala, es decir, menores costos unitarios para mayores volúmenes de envío. El mantenimiento y la depreciación de las vías, la depreciación de las instalaciones de la terminal y los gastos de administración también se suman al nivel de los costos fijos. Los costos de transportación ferroviaria de línea, o costos variables, por lo regular incluyen sueldos, combustible, aceite y mantenimiento. Los costos variables por definición varían en forma proporcional con la distancia y el volumen [10].

El efecto neto de altos costos fijos y relativamente bajos costos variables es la creación de importantes economías de escala en los costos de la transportación ferroviaria. La distribución de los costos fijos sobre un mayor volumen por lo general reduce los costos unitarios, como se muestra en la figura 6. De igual forma, los costos ferroviarios tonelada-milla descenden cuando los costos fijos se distribuyen sobre mayores extensiones de transporte.

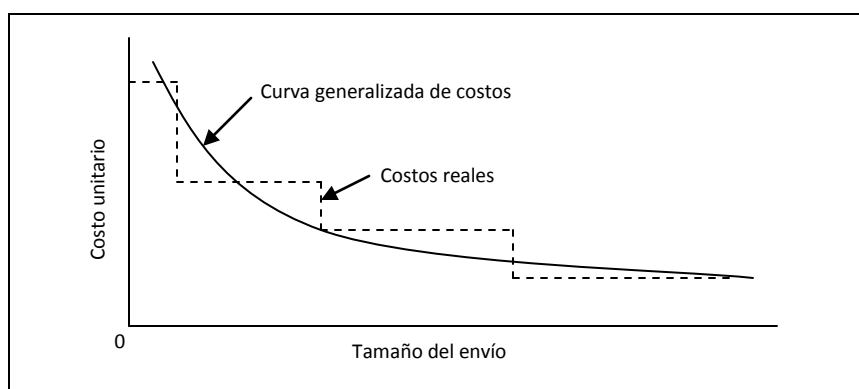


Figura 6. Estructura de costos generalizada de un transportista terrestre con base en el tamaño de envío [10]

2.9.2.2 Camión



Figura 7. Camión de transporte Landstar

En contraste con el ferrocarril, el transporte por camión es un servicio de transportación de productos semiterminados y terminados con una longitud de carga promedio de recorrido de 717 millas (1,150 Km.) para un servicio menor que un camión de carga (LTL por sus siglas en inglés) y de 286 millas (460 Km.) para camión de carga (TL, por sus siglas en inglés). Además los camiones desplazan la carga con menores tamaños promedio de envío que el ferrocarril. Más de la mitad de los envíos por camión son menores de 10,000 libras (4,500 Kg.) o de volumen LTL. Las ventajas inherentes de transporte por camión son su servicio puerta a puerta, que implica que no hay carga o descarga entre el origen y el destino, como sucede por lo general para las modalidades por ferrocarril y avión; su frecuencia y disponibilidad de servicio; y su velocidad y conveniencia del puerta a puerta [10].

A pesar que los servicios de camión y tren compiten por muchos de los mismos envíos de productos, muestran algunas diferencias distintivas las cuales se describen a continuación [10]:

1. La transportación por camión ofrece también servicios como transportistas por contrato, los cuales no se contratan para servir a todos los consignatarios como los hacen los transportistas por contrato. Los consignatarios realizan un arreglo contractual para obtener un servicio que atienda mejor sus necesidades particulares sin incurrir en el gasto de capital y problemas administrativos relacionados con la propiedad de una flota de camiones.
2. Los camiones pueden ser menos capaces de manejar todos los tipos de carga en comparación con el tren; principalmente, debido a las restricciones de seguridad de autopistas, que limitan las dimensiones y peso de los envíos.
3. Los camiones de carga ofrecen entregas de rapidez razonable y entrega confiable para envíos LTL: El camionero necesita llenar sólo un trailer antes de desplazar el envío, en tanto que el ferrocarril debe preocuparse de llenar un tren de 50 carros o más. En el balance, el camión tiene la ventaja de servicio en el mercado de envíos más pequeños.

Los transportistas motorizados muestran contrastantes características de costos con respecto de los ferroviarios. Sus costos fijos son los menores de cualquier transportista porque ellos no son dueños de las vías sobre las que operan, el tracto-remolque representa una pequeña unidad económica, y las operaciones de terminal no requieren de un equipo costoso. Por otro lado, los costos variables tienden a ser altos debido que la construcción y mantenimiento de las autopistas se cobran a los usuarios en forma de impuestos de combustible, peaje e impuestos por la relación peso-kilometraje.

Los costos del transporte por camiones principalmente se descomponen en los gastos de terminal y los gastos de transporte de línea. Los gastos de terminal, los cuales incluyen la recolección y el envío, el manejo de plataforma, y la facturación y

cobranza, representan 15 a 25% de los gastos totales de este tipo de transportación. Los costos de transportación de línea representan 50 a 60% de los costos totales. Los costos unitarios totales disminuyen con el tamaño del envío y la distancia a medida que los costos terminales y otros gastos fijos se distribuyen sobre más toneladas-milla, pero no en forma tan notable como los costos ferroviarios [10].

2.9.2.3 Avión



Figura 8. Avión de carga

El transporte aéreo ha sido considerado por un mayor número de consignatarios para servicio regular, aunque las tarifas de transporte aéreo exceden las del transporte por camión por más de dos veces, y las del ferrocarril por más de 16 veces. El atractivo del transporte aéreo es su rapidez origen-destino sin igual, en especial a través de largas distancias. La magnitud promedio de un transporte de carga es de 1,001 millas (1,611 Km). Los aviones comerciales tienen velocidades de crucero entre 545 y 585 millas (880 y 940 Km) por hora, aunque la velocidad promedio de aeropuerto a aeropuerto sea algo menor que la velocidad de crucero debido al tiempo de taxeo y de espera de cada aeropuerto y al tiempo necesario de ascenso y descenso desde la altitud de crucero. Pero esta velocidad no es comparable directamente con la de otras modalidades debido a que los tiempos de recolección y entrega, y de manejo en tierra no están incluidos. Todos estos elementos de tiempo deben ser combinados para representar el tiempo de entrega aéreo de puerta a puerta. Debido a que el manejo y el desplazamiento de la carga en superficie son los elementos más lentos del tiempo

total de entrega puerta a puerta, el tiempo total de entrega puede ser tan reducido que un camión y una operación de tren bien operados pueden igualar al programa aéreo. Por supuesto esto dependerá de casos individuales [10].

La confiabilidad y disponibilidad del servicio aéreo puede ser clasificada como buena bajo condiciones de operación normales. La variabilidad del tiempo de entrega es baja en magnitud absoluta, aunque el servicio aéreo es muy sensible a desperfectos mecánicos, condiciones atmosféricas, y congestión de tráfico. La variabilidad, cuando se compara con los tiempos promedio de entrega puede clasificar al transporte aéreo como uno de los modos menos confiables [10].

La capacidad de los servicios aéreos se ve limitada de manera importante por las dimensiones físicas del espacio de carga en la aeronave y por su capacidad de carga. Sin embargo, este problema se está resolviendo debido a que se están poniendo en servicio aeronaves más grandes las cuales manejan cargas de 125 a 150 toneladas. Se espera que los costos por tonelada-Km puerta a puerta se reduzcan casi a la mitad de los niveles de costos actuales mediante los beneficios de la nueva tecnología, la desregulación y los programas de mejoramiento de productividad. Esto haría de los servicios aéreos un competidor serio para los servicios premium de transporte terrestre [10].

La transportación aérea tiene una ventaja clara en términos de pérdidas y daños. De acuerdo con un estudio clásico de Lewis, Culliton y Steele [27], la proporción de los costos de reclamaciones a los ingresos de carga fue sólo de 60% de aquellas por tren o camión. En general, se necesitan materiales menos protectores para las cargas aéreas si el manejo por tierra no genera mayor exposición a daños que el de la fase de ruta de movimiento y si el robo aeroportuario no es excesivo.

El servicio de transportación aérea existe en las formas comunes, por contrato y legal privada. El servicio aéreo directo se ofrece en siete tipos [10]:

1. *Transportistas regulares.* Cerca de una docena de aerolíneas operan actualmente en las rutas más congestionadas. Estas aerolíneas ofrecen

servicios de transportación de carga además de sus operaciones de pasajeros programadas regularmente.

2. *Transportistas de todo tipo de carga.* Todos los transportistas de carga son transportistas comunes solo de carga. El servicio se concentra en la noche, y las tarifas promedian 30% menos que las de transportistas locales.
3. *Aerolíneas de servicio local.* Proporcionan un servicio “de conexión” con transportistas nacionales interurbanos para centros menos poblados. Proporcionan tanto servicios de carga como de pasajeros.
4. *Transportistas complementarios (charters).* Operan en gran parte como lo hacen los transportistas interurbanos, excepto que no tienen horarios regulares.
5. *Taxis aéreos.* Son aeronaves pequeñas, esto es, helicópteros y aviones de ala fija que ofrecen servicios de transporte regular para pasajeros y carga entre áreas céntricas de las ciudades y aeropuertos.
6. *Aerolíneas de trabajo.* Son similares a los transportistas de servicio local que “cubren” rutas dejadas por los transportistas interurbanos desde la desregulación. En general, se operan aeronaves más pequeñas que las de los transportistas interurbanos. Muchas veces tienen sólo servicio irregular.
7. *Transportistas internacionales.* Transportan carga y pasajeros más allá de sus regiones nacionales.

La transportación aérea cuenta con muchas de las mismas características de costos que la transportación marítima y por carretera. Las aerolíneas por lo regular no son dueñas del espacio aéreo ni de las terminales aéreas. Adquieren servicios aeroportuarios según lo requieren en forma de combustible, almacenamiento, renta de espacio y tarifas de aterrizaje. Si incluimos el manejo terrestre así como la recolección y entrega en el caso de operaciones de carga aérea, estos costos serán costos de terminal para la transportación aérea. Además, las aerolíneas poseen (o rentan) su propio equipo, el cual, al depreciarse durante su vida económica, se convierte en un gasto fijo anual. En el corto plazo, los gastos fijos de la aerolínea se encuentran más influenciados por la distancia que por el tamaño del envío. Ya que una aeronave presenta su mayor ineficiencia en las fases de operación de despegue y aterrizaje, los

costos variables se reducen por la longitud de la transportación. El volumen ha influido en forma indirecta en los costos variables en la medida que una mayor demanda de servicios de transportación aérea han ocasionado el uso de aeronaves más grandes que cuentan con menores costos de operación por tonelada-milla disponible [10].

Los gastos fijos y los variables combinados por lo general hacen de la transportación aérea un servicio de primera, en especial para distancias cortas; sin embargo la distribución de los gastos de terminal y otros cobros fijos sobre un mayor volumen ofrece cierta reducción de los costos unitarios. Las importantes reducciones en los costos unitarios provienen de la operación de aeronaves sobre largas distancias.

2.9.3 Servicios intermodales

En años recientes ha habido incremento en el envío de productos utilizando más de una modalidad de transportación en el proceso. Más allá de los beneficios económicos obvios los crecientes envíos internacionales han sido una fuerza impulsora. La característica más importante del servicio intermodal es el intercambio libre de equipo entre las modalidades. Por ejemplo, la parte del contenedor de un trailer de carga se transporta a bordo de un avión, o un vagón de tren puede transportarse en un transbordador marítimo. Tal intercambio de equipo crea servicios de transporte que no están disponibles para un consignatario utilizando una sola modalidad de transporte. Los servicios coordinados por lo general son un compromiso entre los servicios que se ofrecen de manera individual por los transportistas participantes. Es decir, las características de costo y desempeño se clasifican entre las de los transportistas por separado [10].

No todas las combinaciones de transporte son prácticas, pero hay algunas que han recibido mayor aceptación. El uso del ferrocarril-camión, llamado *piggyback* (plataforma), se ha difundido ampliamente. Las combinaciones de camión barco, denominadas *fishyback*, están ganando aceptación, en especial en el movimiento internacional de bienes de alto valor. En menor grado, son posibles las combinaciones camión-avión y ferrocarril-barco, pero su uso es limitado [10].

2.9.3.1 Remolques en plataformas

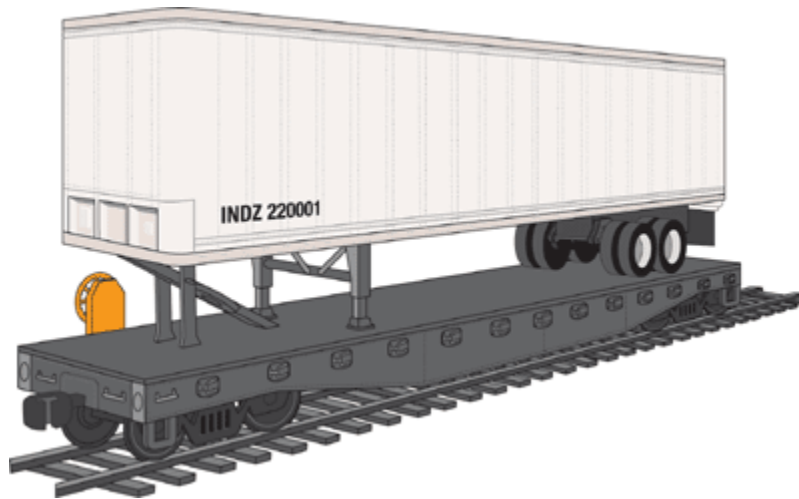


Figura 9. Remolque en plataforma

El remolque sobre plataforma (TOFC, por sus siglas en inglés), o piggyback, se refiere al transporte de trailers sobre plataformas de ferrocarril, generalmente sobre distancias más largas que las que recorren los camiones. TOFC es una mezcla de conveniencia y flexibilidad del transporte por camiones y la economía de largos trayectos del ferrocarril. La tarifa por lo general es menor que para el transporte por camión en lo individual y ha permitido que este último extienda su rango económico. De la misma forma, el ferrocarril ha sido capaz de compartir cierto tráfico que normalmente sólo se desplazaría por camión. El consignatario se beneficia de la conveniencia del servicio puerta a puerta sobre largas distancias a tarifas razonables. Estas características han hecho del piggyback el servicio coordinado más popular [10]. El número de vagones cargados con trailers y contenedores ha demostrado un constante y notable incremento de 554,000 en 1960 a 9,740,000 en 1996 (anualizado), o 55% de las cargas del vagón [28].

2.9.3.2 Carga en contenedores estándar



Figura 10. Carga en contenedores estándar

Bajo un acuerdo TOFC, el trailer completo es transportado sobre una plataforma de ferrocarril. Sin embargo, también es posible visualizar el trailer en dos formas, es decir: 1) como contenedor o caja en el que la carga es empacada; y 2) como el chasis de un trailer. En un servicio intermodal camión-ferrocarril, es posible transportar sólo el contenedor, ahorrando de esta forma el peso muerto de la estructura y las ruedas. Tal servicio se denomina contenedor sobre plataforma (COFC, por sus siglas en inglés) [10].

El contenedor estándar es una pieza de equipo transferible a todos los modos de transportación de superficie, excepto el ducto. Ya que la carga en contenedor evita el costo de remanejo de unidades pequeñas de envío en el punto de transferencia intermodal y ofrece la capacidad del servicio puerta a puerta cuando se combina con el camión, los transportistas marítimos utilizan barcos contenedores, de manera que se puedan proporcionar las combinaciones de servicio barco-camión. Este tipo de servicio se encuentra en expansión, en especial por el incremento en el comercio internacional. El contenedor también puede ser utilizado en combinación con servicios aéreos. El más prometedor hasta la fecha es la combinación avión-camión. El contenedor es importante para la transportación aérea porque los altos costos de desplazamiento prohíben transportar el chasis del trailer. La utilización de grandes contenedores en la transportación aérea ha sido limitada por las dimensiones de las aeronaves existentes

y por el pequeño tamaño de envío que la transportación aérea predominantemente maneja, pero a medida que las tarifas de la transportación se reducen, debido posiblemente a las mayores aeronaves que se ponen en operación, el servicio coordinado avión-camión deberá expandirse [10].

Los servicios prestados por los servicios coordinados de transportación girarán en torno del tamaño del contenedor que se adopte como estándar. Un contenedor que sea demasiado grande para transportación por camión o que sea incompatible con el equipo de transporte de camión, impedirá el uso de este modo de transporte. El mismo argumento aplica para los otros modos de transporte. Los tamaños típicos de contenedor son de 8 x 8 x 20 pies y 8 x 8 x 40 pies. Ambos son compatibles con el trailer estándar de 40 pies y con la mayor parte de los otros modos de transporte [10].

2.9.4 Agencias y servicios de envíos pequeños

2.9.4.1 Agentes

Existen varias agencias que ofrecen servicios de transportación a quienes requieren realizar envíos (consignatarios) pero que no cuentan con equipo de transporte de línea o es de baja escala. Ellos manejan principalmente numerosos envíos pequeños y los consolidan en cantidades de carga vehicular. Se cobran tarifas competitivas con las de LTL, y mediante la consolidación de los múltiples envíos que maneja la agencia, pueden obtener tarifas de carga vehicular. El diferencial de la tarifa de carga entre los envíos grandes y pequeños ayuda a compensar los gastos operativos. Además de la consolidación, las agencias proporcionan servicios de recolección y entrega a los consignatarios. Las agencias de transportación incluyen agentes de transportación terrestre y aérea, asociaciones de consignatarios y corredores de transporte [10].

Los agentes de transporte son transportistas de carga por contrato. Poseen cierto equipo, pero principalmente para operaciones de recolección y entrega. Adquieren servicios de larga distancia por parte de transportistas aéreos, terrestres, ferroviarios y marítimos. La ventaja principal de los agentes de transporte es que

pueden cotizar tarifas en envíos de hasta 30,000 libras (13,500 Kg) en tanto que el peso del envío promedio manejado es de sólo 300 libras (135 Kg) [10].

2.9.4.2 Servicios de envíos pequeños



Figura 11. Diferentes unidades de transporte para envíos pequeños de la compañía Fedex

La paquetería postal es un servicio de entrega de envíos pequeños proporcionado por el Servicio Postal de Estados Unidos. Los envíos se encuentran limitados en tamaño y pueden pesar hasta 70 libras y contar con una longitud de hasta 130 pulgadas, y la entrega se realiza a todos los puntos dentro de los Estados Unidos. La paquetería postal utiliza el servicio de transportistas en línea. La empresa United

Parcel Service y Federal Express ofrecen servicios de paquetería pequeña similares a la paquetería postal, con tarifas y niveles de desempeño competitivos. Se encuentra disponible el servicio de recolección y las entregas se efectúan en todos los estados y alrededor del mundo. También existe el servicio aéreo de primera para pequeños envíos, que ofrece entregas al día siguiente y en algunos casos en el mismo día. Federal Express es el servicio más popular de este tipo, aunque UPS y el Servicio Postal de Estados Unidos ofrecen servicios alternativos [10].



Figura 12. Camión para envíos pequeños de la compañía UPS

2.9.5 Transportación controlada por la compañía



Figura 13. Camión propiedad de Interiores Aéreos S.A. de C.V. (Gulfstream)

Una alternativa disponible a la subcontratación del transporte de bienes es contar con servicio de transportación mediante la propiedad del equipo o por contratación de servicios de transporte. Idealmente, el usuario espera obtener un mejor desempeño operativo, mayor disponibilidad y capacidad de servicio de transportación, y un menor costo. Al mismo tiempo, se sacrifica cierto grado de flexibilidad financiera, ya que la compañía debe invertir en una capacidad de transportación o deberá comprometerse a un acuerdo contractual de largo plazo. Si el volumen de envíos es alto, puede resultar más económico poseer el servicio de transportación en vez de rentarlo. Sin embargo, algunas compañías son forzadas a adquirir o contratar la transportación incluso a mayores costos debido a que sus requerimientos especiales de servicio no pueden cubrirse adecuadamente mediante los servicios tradicionales de transporte. Tales requerimientos pueden incluir:

- Rápida entrega con muy alta confiabilidad.
- Un requerimiento especial que no se encuentra disponible por lo general
- Manejo especial de la carga.
- Un servicio que se encuentra disponible bajo demanda.

Los transportistas tradicionales atienden a muchos clientes y no siempre pueden cumplir los requerimientos específicos de transportación de los usuarios individuales [10].

2.10 Embalaje de transporte

El uso e impacto del embalaje de transportación, tal como tarimas, tambos, cajas de cartón, etc., es una porción significativa del total del embalaje utilizado globalmente cada año. Muchos gobiernos están poniendo restricciones en las formas de manejar o eliminar los residuos del embalaje de

transporte. Como se comentó anteriormente las compañías en Alemania son responsables de recuperar todo el embalaje de transporte de los productos que estas venden [7].

2.10.1 Embalaje reutilizable de transporte

Aunque por razones ambientales muchas compañías han cambiado a embalaje reutilizable de transporte, para algunas, simplemente se ha debido por cuestiones económicas. Los contenedores reutilizables son generalmente mucho más costosos que los de un solo uso. Sin embargo, si un contenedor reutilizable es reutilizado cierto número de veces, el costo por viaje del mismo rápidamente tenderá a disminuir siendo este menos costoso que el embalaje desechable [7]

Un gran número de casos citan a compañías con ahorros significativos por utilizar embalaje ambientalmente amigable. Para Johnson & Johnson, el periodo de retribución de sus cajas reutilizables, tanto nacionales como internacionales, para envíos internos de planta a planta fue de 3 a 6 meses. John Deere & Co. logró un periodo de retribución de 2 años en su programa de cajas reutilizables, el cual subsecuentemente ha ido expandiendo a sus almacenes de venta al menudeo en los Estados Unidos de América.

Aunque muchos estudios han tratado de compañías que han implementado programas de contenedores reutilizables en forma exitosa, muy pocos han sido los casos sobre compañías que han determinado como no económico el uso de este tipo de contenedores. Un ejemplo es la compañía Harley-Davidson quien tomó la decisión de no utilizar cajas reutilizables para la entrega de sus motocicletas a los comerciantes, después de haber explorado la posibilidad de su uso [7]

2.10.2 Tipos de contenedores reutilizables

Los contenedores reutilizables para envíos pueden tener diversas formas y tamaños; muchos diferentes materiales. Contenedores a la medida pueden ser diseñados para satisfacer cualquier

necesidad. A través de los años las cajas de cartón corrugado han sido el estándar para todo tipo de embalaje. Los corrugados son ligeros, resistentes, fáciles de manejar y económicos. Por lo tanto, no sorprende que la mayoría de los contenedores reutilizables para envíos sean de plástico, madera o metal para reemplazar las cajas de cartón corrugado [7]

Plástico

En muchas aplicaciones, el plástico es la opción más ligera y económica. Los contenedores reutilizables de plástico generalmente vienen en dos formas: rígidos o colapsables. Los contenedores rígidos de plástico vienen en una amplia variedad de tamaños, pero comúnmente son encontrados en tamaños ligeramente más grandes que una caja de papel para copiado. Estos vienen principalmente en dos tipos: con ó sin tapaderas integradas. Aquellos sin tapaderas integradas pueden ser apilados en forma de canastas de supermercado, como se muestra en la figura 14. Esto reduce el espacio de almacenamiento y costos de transporte. Contenedores con tapaderas integradas a menudo consisten en dos tapas plásticas, una en cada lado de la abertura, las cuales se entrelazan en su parte media cuando la caja esta cerrada como se muestra en la figura 15. Esto provee protección agregada al contenido de los mismos. Cuando la caja esta abierta, las tapas cuelgan a los costados de la caja. Desafortunadamente, estas tapas pueden obstruir a la hora de su manejo, si el sistema no esta diseñado apropiadamente para manejar este tipo de contenedores [7].



Figura 14. Contenedores rígidos apilables (sin tapaderas) [7]



Figura 15. Contenedores rígidos con tapaderas integradas [18]

Los contenedores colapsables de plástico, mostrados en la Figura 16, también se pueden encontrar en una amplia variedad de tamaños, pero el más usado es el tamaño de las tarimas. Cuando están paradas, estos contenedores son del tamaño de un típico contenedor tipo “gaylord” (del tamaño de un pallet) (Ver Figura 17).

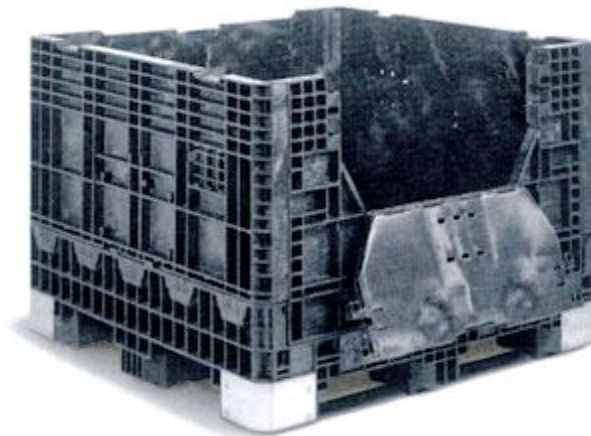


Figura 16. Contenedor colapsable de plástico

Fuente: Buckhorn Inc.

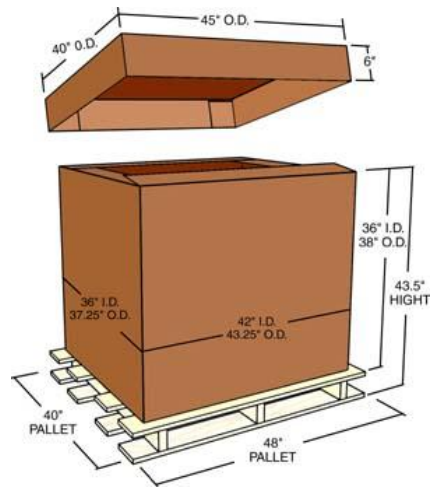


Figura 17. Contenedor tipo “Gaylord”

Fuente: Buckhorn Inc.

Los cuatro lados se doblan hacia abajo quedando plano el contenedor dejándolo a la medida de un pallet grueso, como se muestra en la Figura 18. Los costados están normalmente sostenidos en su lugar, verticalmente por medio de seguros o broches. El fondo es tipo tarima para permitir fácil manejo con un montacargas [7].



Figura 18. Contenedor plástico doblado a la medida de un pallet [7]



Figura19. Contenedor de madera colapsable [7]

Madera

Los contenedores de madera son encontrados principalmente en contenedores tipo gaylord, como se muestra en la figura 19. Como los contenedores grandes de plástico, el fondo es tipo pallet. En vez de doblar hacia abajo los costados del contenedor para colapsarlo, los costados se remueven como una unidad desde la parte superior hasta la parte inferior. Los costados están abisagrados en las esquinas, para que estos puedan doblarse hasta quedar planos, como se muestra en la figura 20 [7].

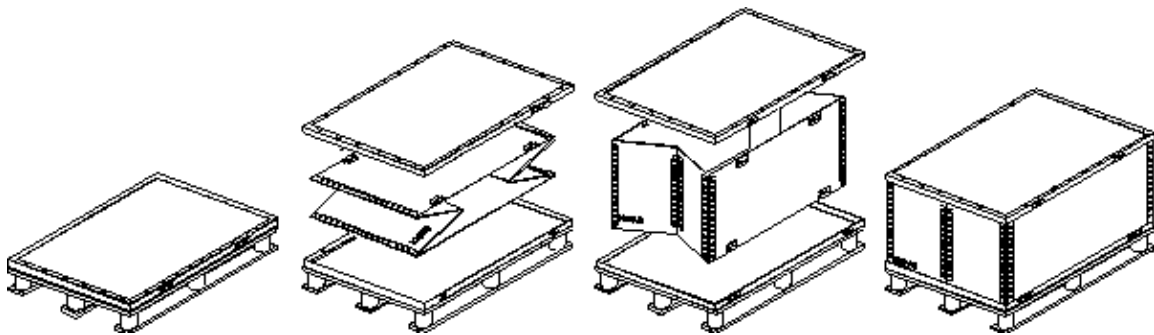


Figura 20. Doblado plano de contenedor de madera colapsable [7]

Los contenedores tipo pallet-collar son ensamblados apilando capas de “collares” en un pallet base, como se muestra en la figura 21. Variando la cantidad de secciones, el contenedor puede hacerse tan pequeño o grande según se necesite. Estos contenedores tienen una ventaja ergonómica, al permitir que estos sean desarmados mientras el producto es removido.

Los contenedores de madera son muy duraderos y resistentes, y son apropiados para cargas pesadas y manejo duro. Desafortunadamente, estas ventajas vienen con el precio de ser pesados, lo cual aumenta los costos de transportación y los hace más difíciles de maniobrar. Sin embargo, para productos que requieren de un embalaje sólido y resistente (como maquinaria, equipo científico, etc.)

este costo de transporte no es tan impactante al evitar daños del contenido viéndose de esta manera ahorros en los costos de empaque en un largo plazo [7].



Figura 21. Contenedores tipo pallet-collar [19]

Metal

Finalmente, el metal es comúnmente utilizado para la construcción de cajas rodantes usadas para cargar cajas o bolsas para entregas. Estas cajas metálicas miden aproximadamente 6 pies de alto y de 3 a 4 pies de largo, por 2 de ancho; lo suficientemente grande para cargar muchas bolsas y otros artículos. Si todos los artículos para un cliente dado son colocados en una o más de estas, el tiempo de carga y entrega de las mismas puede reducirse significativamente. Sin embargo, debido a que estas no son colapsables o apilables para el transporte de regreso, estas son utilizadas principalmente para entregas locales y no para transporte de larga distancia.

El metal también es utilizado para contenedores de granel tamaño gaylord. En tamaño y forma, son similares a los contenedores plásticos mostrados en la figura 6. A diferencia de los contenedores de plástico, estos no pueden ser colapsables, y debido a su tamaño y peso, estos no pueden apilarse.

Dada su construcción de acero, no obstante, son más duraderos que los contenedores de plástico. Tal como los contenedores de madera, estos son fuertes, duraderos y pesados.

Debido a su peso y dificultad de ser transportados, este tipo de contenedores metálicos son más apropiados para almacenar que para transportar. Estos son utilizados típicamente para almacenar partes sueltas pesadas [7].

2.10.3 Material de Relleno

Una vez que se ha hecho la decisión sobre la construcción del tipo de contenedor más adecuado, aún falta tomar la decisión sobre el material de relleno que será utilizado. El relleno es el material usado dentro del contenedor para prevenir daños durante el envío. Los materiales de relleno pueden ser plástico, poliestireno (en espuma o lentejuelas), papel, corrugados, u otros materiales [7].

2.10.4 Consideraciones del embalaje retornable

Beneficios de los Reutilizables

Una de las mayores razones por las cuales las compañías consideran el embalaje reutilizable de transporte es para obtener ahorros en los costos de compra y desecho del embalaje desechable. Muchos gobiernos locales han prohibido desechar materiales corrugados a los rellenos sanitarios. Esto significa que las compañías deben almacenar el material corrugado en alguna parte y deben de llegar a un acuerdo con una compañía externa para que recoja y recicle el material.

Aparte que los reutilizables generan un menor costo por viaje, estos pueden proveer mejor protección para los productos enviados. Los reutilizables pueden proveer al usuario una mayor flexibilidad en un futuro. Mientras los requerimientos de transporte cambian, los reutilizables pueden

ser reconfigurados modificando su material de relleno, el cual es mucho más económico que comprar contenedores nuevos. Finalmente, si la compañía no tiene uso alguno para los contenedores, estos pueden ser regresados al proveedor a cambio de crédito. Debido a que los contenedores generalmente están hechos de materiales reciclables, estos pueden ser reciclados cuando llegan al final de su vida útil. Muchas compañías entran en programas para la utilización de embalaje reutilizable porque creen que es lo correcto ambientalmente hablando. Mientras esto puede ser una motivación noble, no siempre conducirá a decisiones de negocios favorables al uso de los mismos. Como se mostrará más adelante hay muchos costos y cuestiones que deben ser tomadas en cuenta antes de cambiar al uso de los reutilizables [7].

Costos de transporte de los reutilizables

Los costos de los materiales de transporte por ningún motivo son la única consideración a tomar cuenta al tomar la decisión de utilizar los contenedores reutilizables. Muchos de los costos relacionados con el manejo, transporte y rastreo de los envíos y materiales de las compañías serán seriamente afectados por el cambio a contenedores reutilizables.

Los costos de transporte son un gran obstáculo para los contenedores reutilizables.

Estos tienden a ser más pesados que los materiales corrugados a los cuales reemplazan. Debido a que los costos de envío pueden estar relacionados con el peso, esto se traduce en costos de transporte de ida más elevados. Si los camiones de carga son llenados a su límite máximo de peso, el peso extra de los contenedores reutilizables significa que menos unidades pueden ser ubicadas en cada camión, lo cual se traduce también en costos de envío más elevados. Sin embargo, en algunos casos, los reutilizables reducen los costos de transporte. Cuando una empresa manufacturera cambió a contenedores reutilizables para electrodomésticos, los contenedores eran lo suficientemente resistentes para ser doblemente apilados, a diferencia de los cartones corrugados los cuales reemplazaron. Además de agregar peso, la utilización del espacio cúbico podría ser no tan bueno con los reutilizables.

Una compañía normalmente invertirá solamente en una pequeña cantidad relativa de tamaños diferentes de contenedores. El resultado es que los contenedores reutilizables podrían contener mas espacio desperdiciado. Esto se traduce en más espacio del camión para mover la misma cantidad de producto y costos más elevados.

También, tamaños estandarizados pueden significar que más material de relleno será requerido, una vez mas elevándose los costos. El otro gran costo de transporte a considerar de los contenedores reutilizables es traerlos de regreso a la compañía. Si los contenedores son llevados a los clientes en camiones de la compañía, traerlos de regreso tendrá un impacto insignificante en los costos de transporte. Cuando este no es el caso, el costo de traer los contenedores de regreso podría ser mayor, y en algunas ocasiones, lo suficientemente elevados como para considerar el uso de los mismos económicamente no conveniente [7].

Ergonomía

La ergonomía debe ser considerada en la selección del contenedor. Algunos materiales son mucho mas pesados que otros. Un contenedor de madera tamaño gaylord puede pesar más de 100 libras, siendo muy pesado para que una sola persona pueda levantarla de manera cómoda, lo cual hace necesario el uso de dos personas o un montacargas. También, los contenidos de algunos tamaños más grandes no pueden ser cómodamente alcanzados sin reposicionar el contenedor.

Los contenedores reutilizables seguidos ofrecen ventajas ergonómicas sobre los contenedores desechables. La mayoría de los contenedores plásticos colapsables tipo gaylord ofrecen un panel desplegable en uno de los costados del contenedor, como se muestra en la figura 4.3. Una vez que el nivel de partes en el contenedor llega por debajo de la parte inferior de esta puerta, el contenedor puede ser abierto. Esto facilita que los empleados puedan alcanzar las partes en el fondo del contenedor, reduciendo el esfuerzo físico [7].

Otros costos

Aunque muchas compañías consideran los costos de materiales y transporte, muchas fallan al no considerar adecuadamente todos los costos involucrados en un programa retornable. Además de los costos de envío y retorno de los contenedores, otros costos de manejo incluyen limpieza, reparación, almacenamiento y clasificación de los mismos.

Los costos a considerar son resumidos en la Tabla 18:

Costos al utilizar contenedores reutilizables
Costos de transporte de ida
Costos de transporte de regreso
Administración del inventario de contenedores
Inspección
Limpieza
Reparación
Almacenamiento
Clasificación
Adaptaciones para usos futuros

Tabla 18. Costos al utilizar contenedores reutilizables [2]

Desafortunadamente, los contenedores reutilizables requieren de mantenimiento. Una vez que los contenedores son regresados, estos podrían necesitar ser limpiados antes de ser utilizados de nuevo. Algunos tipos podrían necesitar ser inspeccionados antes de ser reutilizados para prevenir el uso de contenedores dañados. Cuando se descubren contenedores dañados, ya sea en la estación de inspección o en la línea, se debe de tomar las precauciones necesarias para repararlos o reemplazarlos. Mientras los contenedores lleguen al final de su vida útil, será necesario comprar reemplazos cuando sea pertinente. El costo de almacenaje de los contenedores debe ser considerado, tanto por el productor como el consumidor de los mismos. Como fuente de los contenedores, la compañía implementadora del uso de los reutilizables puede esperar mantener el suministro de los contenedores vacíos. En alguna parte, se debe de encontrar espacio para este propósito, el cual conducirá a un aumento de los costos. Además, se necesitará mano de obra adicional para almacenar y mover los contenedores. El consumidor deberá tener espacio para almacenar los contenedores vacíos mientras esperan a que sean enviados de regreso al productor [7].

Manejo de los contenedores

Un costo impredecible es el rastreo de los contenedores. En teoría, la tarea debería de ser fácil: los contenedores van a los clientes, y estos regresan. Si hay un solo cliente a quien se le envían los contenedores, esta tarea podría ser fácil. Sin embargo, si ese cliente también esta recibiendo contenedores reutilizables por parte de otra cadena de suministro, hay una gran oportunidad que los contenedores no sean retornados o sean robados [7].

Aún cuando los clientes son parte de la misma corporación, los clientes podrían no tener un incentivo o motivación para ayudar al proveedor a enviar los contenedores de regreso. Un gran número de compañías grandes envían productos a sus tiendas de menudeo desde centros de distribución utilizando el material reutilizable de envío más común, el pallet. Las tiendas minoristas se supone que deben guardar los pallets que estas reciben y enviarlas de regreso a los centros de distribución. Sin embargo, los gerentes de los centros de distribución entrevistados en la obra “Reverse Logistics Trends and Practices” de Dr. Dale S. Rogers y Dr. Ronald S. Tibben-Lembke, tuvieron una opinión unánime al

afirmar que es poco común que las tiendas colecten y regresen los pallets. Generalmente estos son desechados a los vertederos, regalados o vendidos.

Para mantener la pista de los contenedores, muchas compañías utilizan códigos de barras para rastrear contenedores en forma individual. Otras compañías están desarrollando sistemas de información especiales estrictamente para este propósito. Por ejemplo, GENCO Logistics ha desarrollado un paquete de software autónomo el cual rastrea contenedores reutilizables individuales para Wal-Mart. Wal-Mart utiliza este sistema para rastrear los contenedores que son utilizados para trasladar devoluciones de mercancías de tiendas a centros de procesamiento de retornos. Utilizando este sistema, Wal-Mart es capaz de rastrear el progreso de un contenedor individual de la tienda, durante su transporte, hasta que llega al centro de retornos.

Como nos muestra este ejemplo, las compañías están comenzando a darse cuenta que se pueden obtener beneficios al reclutar compañías externas para ayudar a manejar los contenedores reutilizables. Algunas compañías como Wal-Mart, requieren de un software especializado para ayudarse a manejar su reserva de contenedores. Otras compañías están cediendo completamente la administración de contenedores a empresas externas. La idea de permitir que una empresa externa maneje la reserva de materiales reutilizables de envío de una compañía no es algo nuevo. Por muchos años, la compañía CHEP ha estado manteniendo una reserva de pallets utilizados por compañías alrededor del mundo [7].

Aunque muchos proyectos de contenedores reutilizables han probado ser de gran beneficio, este no es siempre el caso. En 1995, un estudio realizado en la Universidad de Ámsterdam Free, rastreó el uso de contenedores de plástico reutilizables en la industria de distribución de productos comestibles secos. Actualmente, los contenedores de plástico son el estándar para el envío de productos de los fabricantes a los distribuidores, y de los distribuidores a los comerciantes. El estudio tomó en cuenta todos los costos del sistema, y concluyó que utilizar contenedores de cartón de un solo uso era la manera más eficiente para distribuir los productos.

Los autores explican que el costo de mantener la cantidad de contenedores necesarios, el almacenaje, limpieza, inspección por daño, etc., son lo suficientemente elevados como para contrarrestar cualquier costo bajo de las unidades a largo plazo.

Factores de éxito

Aunque no hay dos programas de contenedores reutilizables iguales, hay una serie de factores que tienen un impacto significativo en la probabilidad de éxito de un programa dado:

1. *Distancias de transporte.* Mientras mas corta la distancia de recorrido de los contenedores, menor será el costo del programa. Las distancias cortas obviamente reducirán los costos de transporte. De igual manera, las distancias cortas significan menos contenedores en tránsito en cualquier momento, lo cual se traduce necesidad reducida.

2. *Entregas frecuentes.* Mientras más corto el tiempo entre entregas, menos contenedores se acumularán por viaje. Mientras menos contenedores sean apilados en cualquiera de los dos extremos de la relación, menos contenedores tendrán que ser comprados y menos espacio se necesitará para su almacenamiento. También, mientras pasen más tiempo los contenedores empolvándose en manos del cliente, mayor será la probabilidad de daño o pérdida.

3. *Cantidad de miembros involucrados.* Mientras menos empresas estén involucradas, es más fácil mantener el rastreo de los contenedores, y se reduce la oportunidad de pérdida de los mismos. Para manejar el sistema con muchos socios, algunas compañías tratan de asignar cada contenedor a un socio en particular, y mantener un circuito cerrado con cada socio. Esto facilita conocer quien tiene un contenedor en particular, pero esto crea a la vez una serie de problemas administrativos.

4. *Cantidad de tamaños necesarios.* Mientras incrementa la cantidad de tamaños de los contenedores, se puede obtener mejor utilización del espacio cúbico, lo cual conduce a costos menores de transporte. Desafortunadamente, al utilizar muchos tamaños diferentes de contenedores significa que más contenedores tendrán que ser comprados, para garantizar la disponibilidad de la medida requerida. Además, una mayor cantidad de contenedores deberán ser manejados y almacenados en cada locación.

5. *Aceptación del socio.* La otra mitad de la relación de un programa de contenedores reutilizables podría incurrir en una cantidad significativa adicional de trabajo como resultado del cambio. Si el

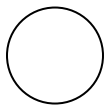
consumidor estará también enviando material al proveedor, el consumidor deberá obtener grandes beneficios del cambio [7].

2.11 Herramientas a utilizar para el desarrollo del proyecto

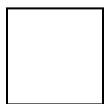
2.11.1 Diagrama de Proceso de Operaciones

El Diagrama de Proceso de Operaciones muestra gráficamente la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, holguras y materiales que se usan en un proceso de manufactura o de negocios, desde la llegada de la materia prima, hasta el empaque del producto terminado. La gráfica describe la entrada de todos los componentes y subensambles al ensamble principal [20].

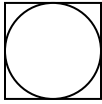
Los símbolos principales son:



Operación



Inspección



Operación - Inspección

2.11.2

2.11.2 Diagrama de Recorrido

El diagrama de recorrido muestra el camino recorrido por un componente de la recepción, a los almacenes, la fabricación, el subensamble, el ensamble final, el empaque final, el almacén y el embarque. Cada trayectoria se traza sobre la disposición física de la planta. En ocasiones esta información ayuda a desarrollar un nuevo método, por ejemplo antes de reducir un transporte el analista debe ver o visualizar en donde existe un espacio para añadir una instalación que acorte la distancia. De igual manera es útil visualizar áreas de almacenamiento temporal o permanente, estaciones de inspección y puntos de trabajo.

La mejor manera de proporcionar esta información es tomando un plano existente de las áreas de la planta que se estudian y trazar las líneas del recorrido que indican el movimiento del material de una actividad a la siguiente. Al construir un diagrama de recorrido debe de identificarse cada actividad con el símbolo y número correspondiente al que aparece en el diagrama de flujo del proceso [20].

2.11.3 Gráficas de pastel

Las Gráficas circulares denominadas también gráficas de pastel o gráficas del 100%, se utilizan para mostrar porcentajes y proporciones. El número de elementos comparados dentro de un gráfico

circular, pueden ser más de 5, ordenando los segmentos de mayor a menor, iniciando con el más amplio a partir de las 12 como en un reloj. Una manera sencilla de diferenciar los segmentos es sombreándolos de claro a oscuro, siendo el de mayor tamaño el más claro y el de menor tamaño el más oscuro.

El empleo de tonalidades o colores al igual que en la gráfica de barras, facilita la diferenciación de los porcentajes o proporciones [42].

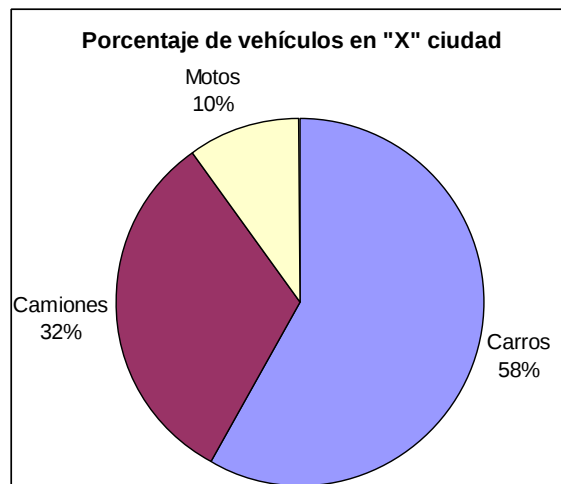


Figura 22. Gráfica de pastel

2.11.4 Gráficas de pareto

El diagrama de Pareto, también llamado curva 80-20 o Distribución A-B-C, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite, pues, asignar un orden de prioridades.

El diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos graves. Mediante la gráfica colocamos los "pocos vitales" a la izquierda y los "muchos triviales" a la derecha.

El diagrama facilita el estudio comparativo de numerosos procesos dentro de las industrias o empresas comerciales, así como fenómenos sociales o naturales, como se puede ver en el ejemplo de la gráfica al principio del artículo.

Hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no es un proceso lineal sino que el 20% de las causas totales hace que sean originados el 80% de los efectos [43].

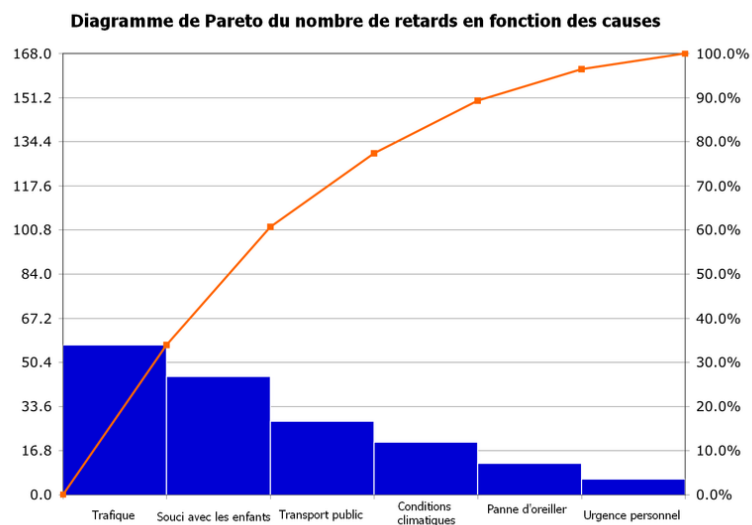


Figura 23. Gráfica de Pareto

CAPITULO III. ANÁLISIS EXPERIMENTAL

3.1 Diagrama de flujo para el análisis y desarrollo del sistema de logística inversa.

En el siguiente diagrama se muestran las fases que fueron llevadas a cabo para el desarrollo del sistema logístico inverso. Las fases comprenden desde la obtención de los costos del SLI actual a la Evaluación económica resultante del SLI desarrollado.



3.2 Breve descripción del área de embarque

La empresa Interiores Aéreos S.A. de C.V. cuenta con 2 áreas de embarque, ubicadas en ambas plantas, norte y sur. En esta área es donde se recibe toda la materia prima que llega de proveedor y también donde se empaca todo el producto fabricado para ser enviado a su destino final.

El área cuenta con el siguiente equipo:

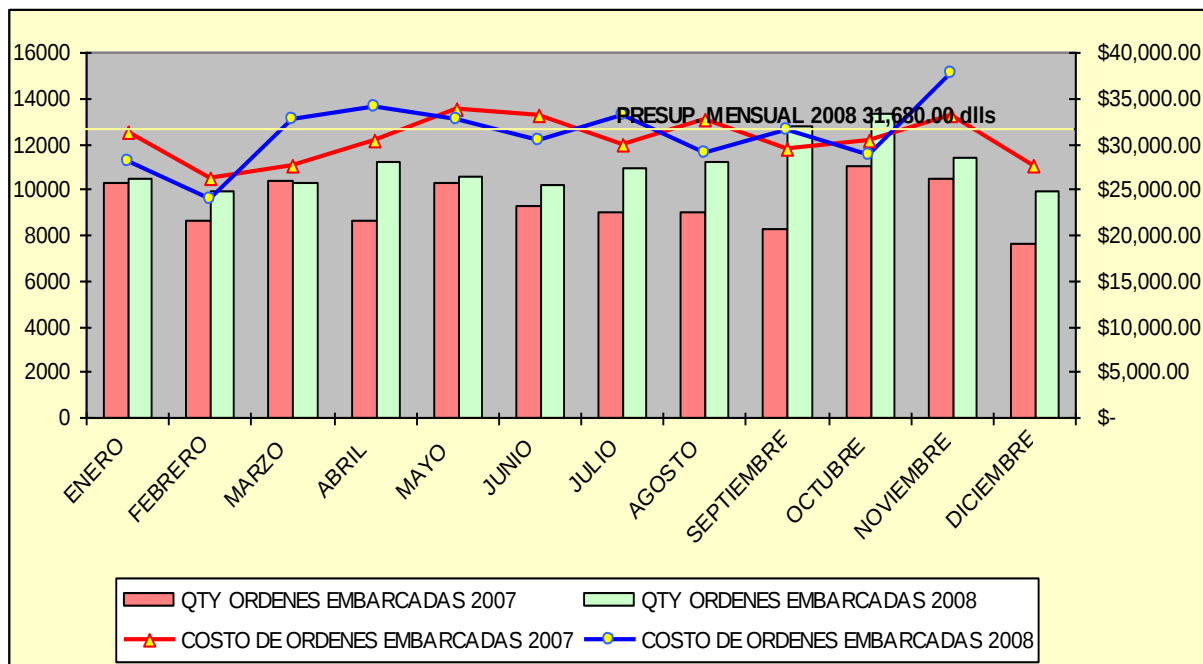
- Mesas para empaque
- Estantes para almacenar producto terminado
- Jack pallets (para levantar y mover cajas sobre tarimas)
- Montacargas (para levantar y mover cajas sobre tarimas)
- Zona de almacenamiento de cajas de cartón.
- Dollys (carritos para mover material)
- Báscula para pesar las cajas que serán embarcadas.
- Rollos de plástico burbuja.
- Rollos de plástico transparente para flejar.
- Rollos de papel kraft, entre otros.



Figura 24. Área de embarque

3.2.1 Presupuesto y costos del área de embarque

El gasto promedio mensual del área de embarque en el 2008 fue ligeramente menor al presupuesto mensual asignado. El gasto promedio mensual fue de \$31,041.00 dls mientras que el presupuesto mensual fue de \$31,680 dls, a pesar que la cantidad de órdenes embarcadas en el 2008 en todos los meses, a excepción de Marzo, fue mayor que aquellas que fueron embarcadas en el 2007 (Ver Figura 25). Esto se traduce en un desempeño satisfactorio del área de embarque cumpliendo con uno de los objetivos generales de la empresa de “Costos” como se puede ver en la Tabla 19.



PRESUPUESTO MENSUAL 2008	\$ 31,680.00 DLLS.
GASTO MENSUAL PROMEDIO 2008	\$ 31,014.00 DLLS.

Figura 25. Gráfica de presupuesto y costo mensual de órdenes embarcadas en el área embarque en el 2007 y 2008

Puntos a evaluar	Objetivos 2008	Porcentaje	Meta Semestral	Meta Anual	Resultado Semestral	Nivel de Desempeño*	Puntuación Desempeño
Porcentaje de TCIR	Lograr la meta del 1.0 en TCIR	10%	1.00	1.00	0.14	186	11.50%
Sistema 5 puntos	Lograr el 95% en el Sistema de 5 puntos.	15%	95%	95%	98.2%	103.4	15.51%
Kaizen	Implementar 2 sugerencias de mejora por empleado cada mes.	15%	14,260	28,520	17,941	125.8	17.25%
Escapes Mensuales PPM	Reducir los rechazos del cliente en un 30% basados en el promedio de PPM del 2007.	15%	792	652	564	129	17.25%
DPMO Mensual DMT's Internos	Reducir los defectos internos en un 30% al final del año basado en el promedio de DPMO del 2007.	15%	4,907	4,041	4,722	104	15.57%
Cortos Críticos	Promedio por debajo de 10 Cortos críticos diarios.	10%	<10	<10	17.69	23.1	2.31%
Costos	Desempeñarse por debajo del presupuesto y costo del lote designado, que incluye labor, material y MCR's.	20%	Meta Alcanzada	Meta Alcanzada	Meta Alcanzada	100	20.00%

Tabla 19. Objetivos generales de Interiores Aéreos del 2008

En la tabla 19 se muestran los objetivos organizacionales de la empresa los cuales al inicio de cada año, la sede central de Gulfstream ubicada en Savannah, GA (E.U.A), los define fijando una meta la cual toma como base el desempeño del año anterior para fijar los porcentajes meta del año entrante (reducción de accidentes laborales, aumento de mejoras, reducción de defectos internos y externos, cortos y costos).

Para el año 2009 se espera un aumento en la cantidad de órdenes embarcadas ya que inicia la producción de números de parte del nuevo modelo de avión G650. El presupuesto para el área de embarque en el 2009 se mantendrá igual que el presupuesto asignado en el 2008, siendo esta un área

de oportunidad para buscar reducir los costos de materiales de empaque y poder cumplir con el presupuesto ajustado.

El presupuesto mensual asignado para el área de embarque tiene como objetivo cubrir los costos de materiales de empaque utilizados para la protección y envío del producto terminado. En el año 2008, el costo de materiales de empaque se distribuyó como se muestra en la Figura 26:

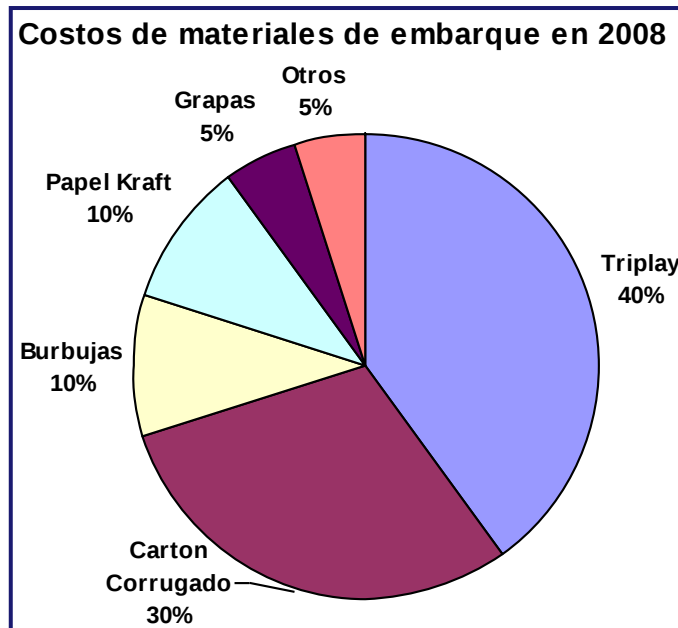


Figura 26. Porcentajes del costo de materiales de empaque en el 2008

Como se puede ver en la gráfica, el triplay (madera) representó el 40% del costo anual de materiales de empaque, seguido del cartón corrugado con un 30%, ambos utilizados como contenedores del producto terminado.

Tal como se observa en la Tabla 20, al ser los contenedores de madera quienes representan el 60% del costo total de los materiales de empaque contra el 40% de los contenedores de cartón, se decidió enfocarse en los contenedores de madera para el desarrollo del sistema de logística inversa.

Porcentajes de costos de materiales distribuidos por tipo de contenedor en el 2008		
Materiales	Caja madera	Caja Cartón
Triplay	40.0%	0.0%
Cartón corrugado	0.0%	30.0%
Burbuja	5.0%	5.0%
Papel Kraft	5.0%	5.0%
Grapas	5.0%	0.0%
Otros	5.0%	0.0%
Total	60.0%	40.0%

Tabla 20. Porcentajes de costos de materiales distribuidos por tipo de contenedor en el 2008

Actualmente el área de embarque fabrica y utiliza 29 cajas de madera las cuales son utilizadas para números de parte que requieren mayor protección y en su mayoría son ensambles de grandes dimensiones en comparación a los números de parte contenidos por cajas de cartón corrugado. En la Tabla 21 se muestran los costos totales de las 29 cajas de madera los cuales más adelante serán desglosados en costos de materiales y mano de obra.

#	Cajas de madera	Costo total	Porcentaje que representa	
1	Kits 4	\$ 137.72	6.56%	→
2	Kits 3	\$ 133.93	6.38%	→
3	Kits 5	\$ 117.10	5.57%	→
4	Skin	\$ 104.48	4.97%	
5	Kits 2	\$ 102.80	4.89%	→
6	Piso	\$ 97.89	4.66%	
7	Kits 1	\$ 97.20	4.63%	→
8	332	\$ 87.45	4.16%	
9	210	\$ 87.34	4.16%	
10	Kits 7	\$ 85.49	4.07%	→
11	G-550	\$ 81.67	3.89%	
12	331	\$ 79.07	3.76%	
13	Kit - 051	\$ 78.59	3.74%	
14	APU	\$ 76.79	3.66%	
15	Oreja	\$ 76.76	3.65%	
16	Media Luna Grande	\$ 76.59	3.65%	
17	C-450	\$ 68.60	3.27%	
				→
				Sumadas representan el 34% del total

Tabla 21. Costos totales de las cajas de madera

Como se puede ver en la Tabla 21, en azul resaltan las cajas para Kits, las cuales 3 de ellas encabezan el Pareto (ver Figura 27) como las cajas más costosas de madera. Agrupando las siete cajas para Kits las cuales cuentan con características físicas similares, representan el 34% del costo total generado por la fabricación de las cajas de madera.

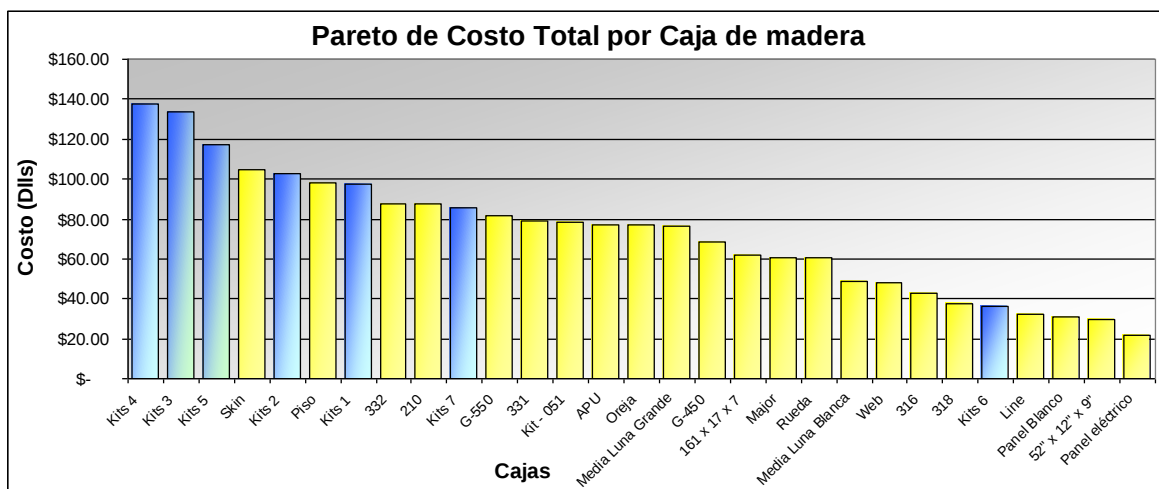


Figura 27. Gráfica de Pareto del Costo Total por Caja de madera

Este 34% representa una tercera parte del 60% de los costos de materiales utilizados para los contenedores de madera mostrados en la tabla 20. La tercera parte de 60% es igual a 20% ($60/3=20$), lo cual quiere decir que las cajas para Kits representan el 20% del costo total anual de materiales del área de embarque. Es por esto que el análisis y desarrollo del sistema de logística inversa se enfocará en estas 7 cajas para Kits.

3.3 Obtención de costos actuales de materiales, mano de obra y transporte

Con el fin de conocer los posibles ahorros que se pudieran obtener al implementar cajas reutilizables dentro del sistema logístico inverso, es necesario conocer los costos actuales de materiales, mano de obra y transporte de las 7 cajas para Kits.

3.3.1 Costos actuales de materiales

Los costos actuales de materiales de empaque de las Cajas para Kits se pueden observar en la Tabla 22:

Costos de materiales para la elaboración de cajas de madera								
Cajas de madera	Componentes					Sub-Total	Conversión de pesos a Dlls (13.50)	Total de costo de materiales (Dlls)
	Hoja de triplay 5/8"	Chilillo 1 1/2"	Chilillo 2"	Chilillo 3"	Grapa 1x1"			
Kits 1 (No. de Unidades)	4.50	150.00	56.00	48.00	100.00			
Costo Dlls	\$ 72.00				\$ 0.86	\$ 72.86		\$ 75.35
Costo MN		\$ 13.75	\$ 7.20	\$ 12.72		\$ 33.67	\$ 2.49	
Kits 2 (No. de Unidades)	5.00	100.00	26.00	24.00	50.00			
Costo Dlls	\$ 80.00				\$ 0.43	\$ 80.43		\$ 81.83
Costo MN		\$ 9.17	\$ 3.34	\$ 6.36		\$ 18.87	\$ 1.40	
Kits 3 (No. de Unidades)	7.00	90.00	30.00	24.00	50.00			
Costo Dlls	\$ 112.00					\$ 112.00		\$ 113.37
Costo MN		\$ 8.25	\$ 3.86	\$ 6.36		\$ 18.47	\$ 1.37	
Kits 4 (No. de Unidades)	7.00	80.00	30.00	24.00	100.00			
Costo Dlls	\$ 112.00					\$ 112.00		\$ 113.30
Costo MN		\$ 7.33	\$ 3.86	\$ 6.36		\$ 17.55	\$ 1.30	
Kits 5 (No. de Unidades)	6.00	50.00	20.00	24.00	20.00			
Costo Dlls	\$ 96.00					\$ 96.00		\$ 97.00
Costo MN		\$ 4.58	\$ 2.57	\$ 6.36		\$ 13.51	\$ 1.00	
Kits 6 (No. de Unidades)	1.50	30.00	20.00	16.00	12.00			
Costo Dlls	\$ 24.00					\$ 24.00		\$ 24.71
Costo MN		\$ 2.75	\$ 2.57	\$ 4.24		\$ 9.56	\$ 0.71	
Kits 7 (No. de Unidades)	4.00	40.00	20.00	24.00	20.00			
Costo Dlls	\$ 64.00					\$ 64.00		\$ 64.93
Costo MN		\$ 3.67	\$ 2.57	\$ 6.36		\$ 12.60	\$ 0.93	
TOTAL								\$ 570.49

Dlls = Dólares

MN = Moneda Nacional (pesos)

Tabla 22. Costos de materiales de las cajas para Kits

3.3.2 Costos de mano de obra

El costo de mano de obra para la fabricación de las 7 cajas para Kits se muestra en la Tabla 23.

Costo de mano de obra para la elaboración de cajas de madera						
Cajas de madera	Tiempo de corte (hr)	Tiempo de armado (hr)	Tiempo total (hr)	No. de empleados	Costo de mano de obra por hr.	Costo de mano de obra por caja
Kits 1	1.5	2.75	4.25	2		
Costo Dlls					\$ 2.57	\$ 21.85
Kits 2	1.33	2.75	4.08	2		
Costo Dlls					\$ 2.57	\$ 20.97
Kits 3	1.5	2.5	4	2		
Costo Dlls					\$ 2.57	\$ 20.56
Kits 4	2.75	2	4.75	2		
Costo Dlls					\$ 2.57	\$ 24.42
Kits 5	1.25	2.66	3.91	2		
Costo Dlls					\$ 2.57	\$ 20.10
Kits 6	0.75	1.5	2.25	2		
Costo Dlls					\$ 2.57	\$ 11.57
Kits 7	1.5	2.5	4	2		
Costo Dlls					\$ 2.57	\$ 20.56
					Total Dlls	\$ 140.01

Tabla 23. Costos de mano de obra para la fabricación de cajas para Kits

3.3.3 Costos de transporte

El costo de transporte de las cajas para Kits actualmente es un costo fijo el cual es determinado por el medio de transporte utilizado por la empresa para enviarlas a su destino final, Savannah, Georgia. El medio de transporte utilizado es vía terrestre, a través de los camiones de la compañía de transportes Landstar. El costo por envío de un camión Landstar (con una caja de 53 pies de largo) es de \$4,500 dls y a la semana se efectúan 2 envíos, sumando un costo total de \$9,000 dls (Nota: Los \$9000 dls aparte de cubrir el costo de envío de las cajas para Kits, incluye todas las demás cajas enviadas semanalmente vía terrestre).

En el punto *3.4 Análisis y representación de la situación actual de operación* se explicará detalladamente la logística de los envíos de las cajas.

3.4 Análisis y representación de situación actual de operación

3.4.1 Características de las cajas para Kits

Antes de presentar la logística actual del envío de las cajas para Kits es importante conocer sus características, cómo es el producto que contienen, el material de la caja y de relleno y las características específicas que las distinguen de las otras cajas de madera.

- **Producto que contienen:** Arnéses (cableado del avión) y componentes eléctricos de los modelos de avión G450 y G550. Ver Figura 28.



Figura 28. Caja para Kits con arneses eléctricos

- **Material de la caja y de relleno:** El material de la caja es triplay (madera) y como material de relleno solamente se utiliza una bolsa plástica transparente para proteger al producto del polvo y la humedad y los componentes eléctricos como conectores son cubiertos con papel burbuja para protegerlos de posibles daños durante el transporte.
- **Características específicas:**
 - Cajas resistentes, soportan el peso del producto y lo protege de daños.
 - Las cajas cuentan con compartimientos o divisiones con la finalidad de almacenar diferentes números de parte brindándoles una locación específica (Ver Figura 29).
 - Las cajas para Kits son utilizadas directamente en piso de producción. En Mexicali son utilizadas por los operadores de producción para almacenar el producto una vez terminado y en Savannah para surtirse del producto mientras se va requiriendo.

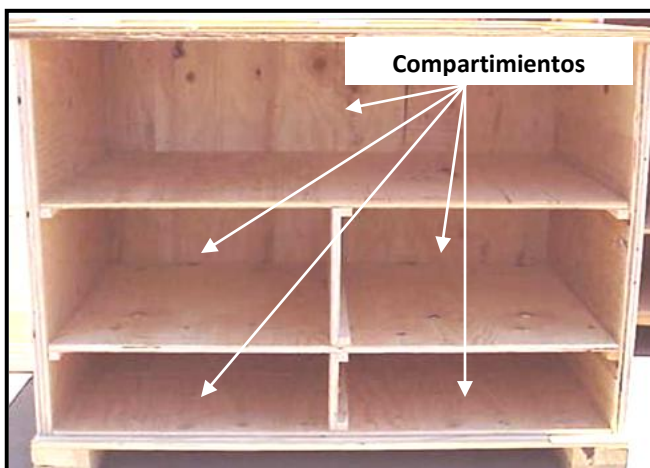


Figura 29. Compartimientos en las cajas para Kits

- **Cajas para Kits**

En la Tabla 24 se puede observar el número de Kit, el modelo del avión al cual va instalado el arnés eléctrico y el número de caja asignado.

Kit	Modelo del avión	Caja
1	G550	Caja 1
1	G450	Caja 1
2	G550	Caja 2
2	G450	Caja 4
3	G550	Caja 3
3	G450	Caja 5
6	G450	Caja 6
7	G550	Caja 7
7	G450	Caja 7

Tabla 24. Cajas para Kits

A continuación se muestran las 7 cajas para Kits las cuales se distinguen una de la otra por sus dimensiones y arreglo de los compartimientos.



Figura 30. Caja 1 (para G450 y G550)



Figura 31. Caja 2 (para G550)



Figura 32. Caja 4 (para G450)



Figura 33. Caja 3 (para G550)



Figura 34. Caja 5 (para G450)



Figura 35. Caja 6 (para G450)



Figura 36. Caja 7 (para G450 y G550)

En la Tabla 25 se muestra un compilado de las cajas para Kits con sus características como dimensiones (pulgadas), peso (libras) y costos para su fabricación:

Características, costos de materiales y mano de obra de las Cajas para Kits							
Kits	Avión	No. de Caja	Dimensiones (in)	Peso (lb)	Costo de materiales (dlls)	Costo de mano de obra (dlls)	Costo total (dlls)
1	G550	1	57 x 24 x 43	167	\$ 75.35	\$ 21.85	\$ 97.20
1	G450	1	57 x 24 x 43	167	\$ 75.35	\$ 21.85	\$ 97.20
2	G550	2	63 x 36 x 19	144	\$ 81.83	\$ 20.97	\$ 102.80
2	G450	4	64 x 19 x 50	201	\$ 113.30	\$ 24.42	\$ 137.72
3	G550	3	69 x 26 x 47	179	\$ 113.37	\$ 20.56	\$ 133.93
3	G450	5	57 x 44 x 25	174	\$ 97.00	\$ 20.10	\$ 117.10

Tabla 25. Cajas para Kits: Características físicas y costos

Cada una de las cajas enlistadas en la Tabla 25 se envían 1 vez por semana, lo cual multiplicado por 50 semanas laborales nos da un costo total anual de **\$44,659.50 dls.**

3.4.2 Flujo de las cajas para Kits

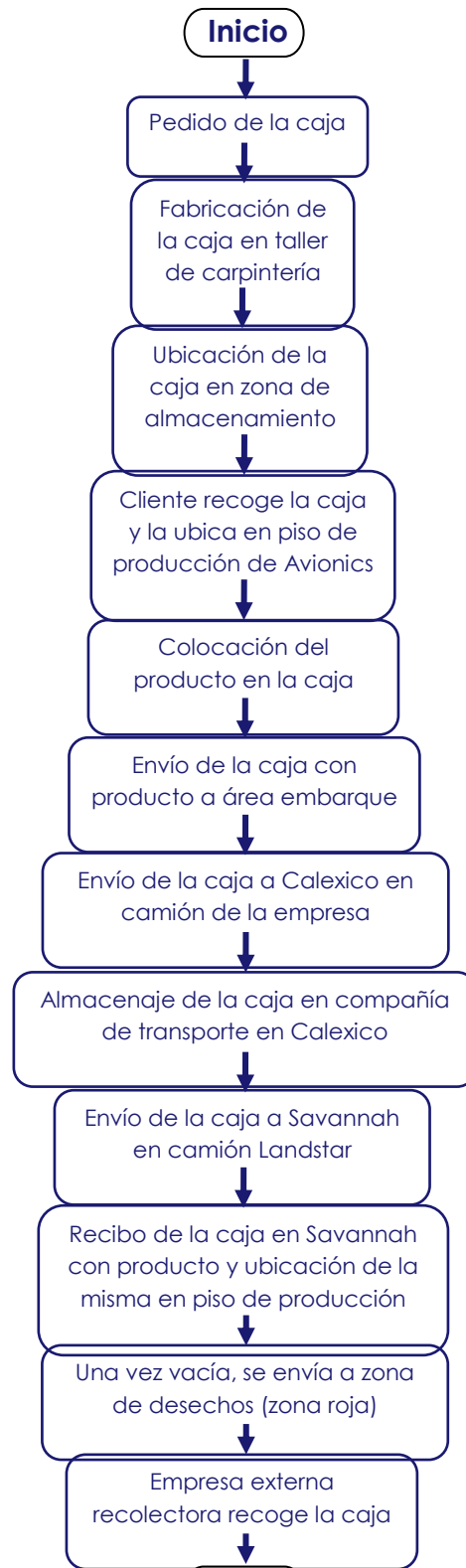


Figura 37. Diagrama de flujo de las cajas para Kits

En la figura 37, Diagrama de flujo de las cajas para Kits se puede ver cómo fluyen las cajas desde que son fabricadas en el taller de carpintería en Interiores Aéreos, Mexicali, hasta que son utilizadas en Savannah, GA y son desechadas y recogidas por una empresa externa recolectora.

Para verlo de una manera gráfica en la figura 38 se muestra un diagrama de recorrido donde se visualiza el camino recorrido por las cajas para Kits desde su fabricación hasta su embarque. Este recorrido lo hace cada caja para kits una vez durante la semana en la que serán enviadas.



Figura 38. Diagrama de recorrido de las cajas para Kits

Cabe mencionar que las cajas una vez enviadas al área de embarque son colocadas en el camión de transporte de la empresa para ser llevadas a un almacén localizado en Calexico, California, E.U.A, donde permanecen hasta que sale el envío terrestre Landstar con destino a Savannah, GA. En la figura 39 se muestra un mapa de Mexicali y Calexico donde se alcanza a apreciar la empresa Interiores Aéreos S.A. de C.V. y el almacén ubicado en Calexico. También nos indica la distancia entre estos dos puntos, el tiempo de tránsito y los días y horarios de envíos entre Mexicali y Calexico.



Figura 39. Ruta de envíos entre Interiores Aéreos (Mexicali) y macén de producto terminado en Calexico

Una vez que son almacenadas las cajas en Calexico, CA, los días martes y jueves son embarcadas por un camión Landstar para enviarlas a su destino final Gulfstream, Savannah, en el Estado de Georgia, E.U.A.. En la figura 40 se muestra un mapa de México y Estados Unidos de América donde se alcanza a apreciar el almacén ubicado en Caléxico, California, el recorrido del camión Landstar (ver figura 41) y el destino final, Gulfstream Savannah. También muestra la distancia entre estos dos puntos, el tiempo de tránsito y los días y horarios de envíos y recibos entre Calexico y Savannah.

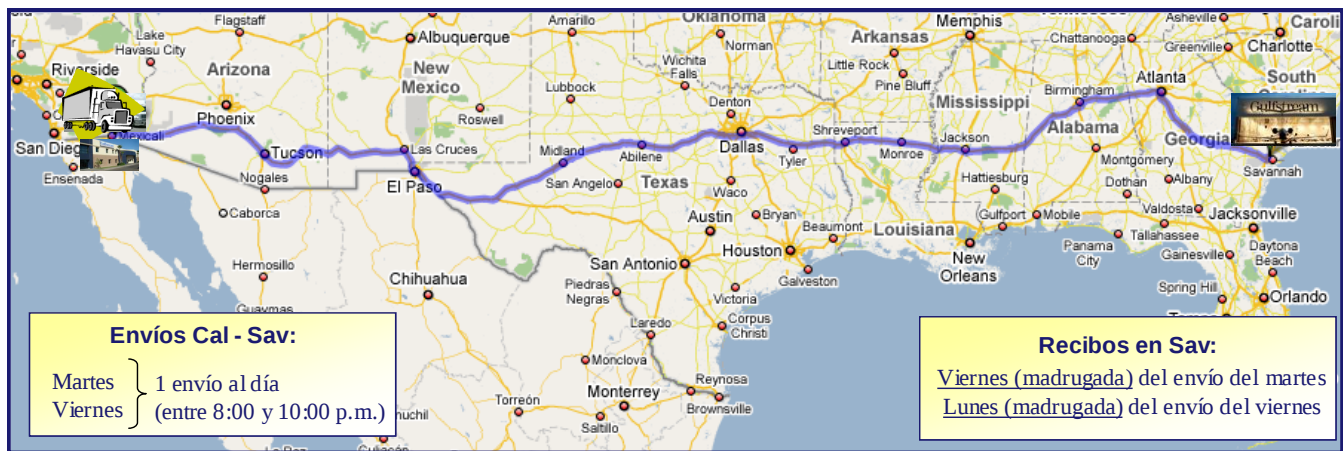


Figura 40. Ruta terrestre del transporte Landstar entre Calexico y Savannah

Los días martes se envía todo el producto que se recibió de los días sábado, lunes y martes, mientras que los días viernes se envía todo el producto que se recibió de los días miércoles, jueves y viernes.



Figura 41. Camiones Landstar

3.5 Reducción de materiales

3.5.1 Análisis y selección del contenedor sustituto

Para la selección del material del contenedor sustituto reutilizable en la tabla 26 se muestra una comparación de los atributos cualitativos de los diferentes tipos de materiales los cuales fueron tomados en cuenta.

Atributos cualitativos de los diferentes materiales para cajas reutilizables									
Material	Peso	Precio	Tamaños	Resistencia	Colapsable?	Manejabilidad	Reparabilidad?	Costo de transporte	Ciclo de vida
Plástico	Ligeros	Económico-Moderado	Amplia variedad de tamaños	Resistentes	Si	Fácil manejo	Baja, reposición necesaria	Bajo-Moderado	7-10 años [29]
Madera	Pesados	Económico	De medianos a grandes	Muy resistentes	Si	Difíciles de maniobrar	Alta y económica	Elevado	5-10 años [30] [31]
Metal	Muy pesados	Elevado	Generalmente grandes	Muy resistentes	No	Difíciles de maniobrar / Son mas apropiados para almacenar que para transportar	Baja, reposición necesaria	Muy elevado	> 10 años

Tabla 26. Atributos cualitativos de los diferentes materiales para cajas reutilizables [7]

Como se puede ver en la tabla 26, a pesar de ser muy duradero el metal es el material menos adecuado para el contenedor reutilizable buscado debido a las características propias del producto. Los arneses eléctricos no requieren de dicho empaque el cual posee desventajas en relación al plástico y la

madera como el hecho de ser muy pesado, costoso, no colapsable, difícil de maniobrar y reparar y con un costo elevado de transporte por su alto peso.

El material plástico y la madera poseen atributos similares como el hecho de ser resistentes, colapsables, de fácil manejo y cuentan con un tiempo de vida similar. Lo que los diferencia es que la madera es más pesada y más económica que el plástico, no maneja tamaños pequeños como el plástico, la madera es fácil de reparar a comparación del plástico y el transporte es un poco más elevado por ser un material generalmente más pesado.

El diseño de la caja, en la toma de decisión del material a utilizar para la caja reutilizable, juega un papel sumamente importante por la complejidad que tiene la misma al tener divisiones.

Por esta razón es necesario definir las características necesarias para el diseño de la caja reutilizable.

3.5.2 Características necesarias para el diseño de la caja reutilizable

Para el diseño de la caja reutilizable, se deben tomar en cuenta las características físicas del producto, los requerimientos del cliente, los cuidados necesarios y el manejo de las mismas. A continuación se enlistan las características necesarias a considerar para el diseño de la caja reutilizable:

- Material de la caja: Madera ó plástico resistente que pueda soportar el peso de los arneses eléctricos y a su vez que los proteja de posibles golpes ó daños durante el manejo de la misma.
- La caja debe contar con compartimientos o divisiones como lo pide el cliente final para surtir sus líneas de producción.
- De ser posible, la caja reutilizable debe ser colapsable para que abarque menos espacio en el área de almacenamiento y en el camión de transporte, dando como resultado menores costos.
- La base de la caja debe ser tipo “tarima” para que pueda ser levantada y transportada por un montacargas al moverla de un lugar a otro dentro de la planta.
- Ergonomica y si es colapsable, de fácil armado.

Este grupo de características fueron otorgadas a los proveedores de cajas reutilizables como requerimientos para ser tomadas en cuenta por los ingenieros de diseño y poder obtener una cotización. Buckhorn compañía americana reconocida por proveer productos de empaque reutilizables en su mayoría de plástico, a través de sus ingenieros de diseño analizaron los requerimientos de las cajas reutilizables y determinaron que no sería económicamente factible fabricarlas por la complejidad del diseño de la caja al tener divisiones y por no tratarse de un producto con alto volumen de producción como para aprovechar la economía de escala.

Por otro lado la empresa sueca Nefab enfocada al empaque de exportación y retornable, especializada en empaque de madera, al igual que Buckhorn analizó los requerimientos de diseño y la logística de envíos de las cajas para comprender las necesidades del cliente. Los ingenieros de diseño de esta empresa en conjunto con el representante de ventas en México, determinaron que no es económicamente factible para ellos y para Interiores Aéreos S.A. de C.V. debido a la complejidad del diseño de las cajas, lo cual impide hacerlas colapsables o plegables. En total son 9 cajas de diferentes tamaños con arreglos distintos de sus divisiones, dificultando el diseño y la producción en serie para un volumen reducido según la demanda actual de las mismas. Nefab comparó los costos de producción de las cajas de madera fabricadas en Interiores Aéreos S.A. de C.V. contra sus costos de producción concluyendo que el precio de venta de las mismas sería muy elevado. El material de las cajas de madera de la empresa Nefab, es el mismo que se utiliza en Interiores Aéreos S.A. de C.V., hoja de triplay de pino de 3/8", una razón más por la cual Nefab decidió no producir las cajas al no poder ofrecer una ventaja que distinga su producto del ya existente.

Por estas razones, se decidió elegir a la madera como el material óptimo para fabricar las cajas reutilizables de igual manera en el taller de carpintería de la empresa, a diferencia que estarán reforzadas para asegurar su buen estado al paso de los años.

En la tabla 27 se muestra el costo de fabricación de la cajas reutilizables el cual se obtuvo al contabilizar el material de refuerzo y mano de obra que fue utilizada para su elaboración traduciéndose en un 60% de incremento del costo de la caja.

No. de caja	Costo de caja	60% de incremento del costo	Costo total de caja reutilizable
1	\$ 97.20	\$ 58.32	\$ 155.52
1	\$ 97.20	\$ 58.32	\$ 155.52
2	\$ 102.80	\$ 61.68	\$ 164.48
3	\$ 137.72	\$ 82.63	\$ 220.34
4	\$ 133.93	\$ 80.36	\$ 214.28
5	\$ 117.10	\$ 70.26	\$ 187.36
7	\$ 85.49	\$ 51.30	\$ 136.79
7	\$ 85.49	\$ 51.30	\$ 136.79
6	\$ 36.27	\$ 21.76	\$ 58.04
Total	\$ 893.19	\$ 535.92	\$ 1,429.11

Tabla 27. Costo de fabricación de las cajas reutilizables

En la figura 42 se puede ver la caja reutilizable fabricada en el taller de carpintería de Interiores Aéreos S.A. de C.V. La caja cuenta con refuerzos en todas las esquinas de la caja, bizagras para abrir y cerrar las tapaderas de la caja sin desgastar la madera y armellas para mantener cerradas las puertas.



Figura 42. Caja reutilizable fabricada en Interiores Aéreos S.A. de C.V.

3.5.3 Selección de material de relleno

Para el material de relleno de la caja, por tratarse de arneses eléctricos (cableado) y no considerarse un producto frágil, como se envía actualmente en bolsa de plástico contra polvo y papel burbuja en conectores y componentes eléctricos es lo más apropiado y económico. Ver figura 43.



Bolsa plástica



Papel burbuja

Figura 43. Bolsa plástica y papel burbuja

3.6 Colecta de los retornos

3.6.1 Selección de transporte de colecta

Para la selección del transporte de colecta de las cajas reutilizables en las tablas 28 y 29 se muestra una comparación de los diferentes medios de transporte, ferrocarril (terrestre), camión (terrestre) y avión (aéreo) respecto a los costos, tiempo promedio de tránsito y pérdidas y daños que pueden llegar a sufrir los productos que estos llevan.

Precio y tiempo promedio de transportación			
Modo de transporte	Precio, ¢ / Tonelada-Milla	Tiempo (días) de tránsito promedio y rango de tiempo para 95% de los envíos para distancias entre 1500-1599 millas	
		Prom.	Rango
Ferrocarril	2.28	11.1	5.6 - 16.6
Camión	26.19	5.3	0.8 - 9.9
Aéreo	61.2	4.6	0.7 - 9.9

Tabla 28. Precios y tiempos promedio de transportación

Fuente: Wilson, Rosalyn A., 2000, *Transportation in America 2000*, 18a. Ed.

Clasificaciones relativas de modo de transportación			
Modo de transporte	Costo 1 = el más alto	Tiempo de entrega 1 = el más rápido	Pérdidas y daños 1 = el menos
Ferrocarril	3	3	3
Camión	2	2	2
Aéreo	1	1	1

Tabla 29. Clasificaciones relativas de modos de transportación

Fuente: Ballou, Ronald H., 2004, *Logística Administración de la cadena de suministros*, Ed. Pearson-Prentice Hall

Según las tablas 28 y 29, el medio de transporte más económico es el ferrocarril, seguido del camión y el más costoso el avión.

En tiempos de entrega el avión es el más rápido, seguido del camión y finalmente el medio más lento el ferrocarril.

En lo que se refiere a pérdidas y daños el transporte más seguro es el avión, seguido del camión y más inseguro el ferrocarril.

El avión a pesar de ser el medio de transporte más rápido y seguro, presenta algunas desventajas (aparte del alto costo) ya que para poder transportar un producto, este debe de cumplir con las siguientes restricciones [32]:

- Volumen: $1l + 2a + 2h < 165''$

Esto quiere decir que la sumatoria de una medida del largo de una caja más 2 medidas de lo ancho más 2 medidas de lo alto no puede exceder a 165 pulgadas. Si excede las 165 pulgadas, la caja no puede ser transportada.

- Peso: $< 165 \text{ lb}$

Esto quiere decir que toda caja transportada en avión debe pesar menos de 165 libras, de lo contrario no puede ser transportada.

Debido a estas restricciones, 4 de las 7 cajas para Kits no cumplen con la restricción del peso, y solo 1 cumple con la restricción del volumen (caja 6), por lo tanto no es factible este medio de transporte para su colecta.

En lo que se refiere a los modos de transporte terrestre viables para retornar las cajas reutilizables, se necesita realizar un comparativo más detallado del costo, tiempo de tránsito, capacidad cúbica y capacidad de cajas contemplando las características específicas del producto que será transportado (ver la tabla 30).

Modo de transporte	Ruta	Costo por	Costo \$ (dls)	Tiempo de tránsito	Capacidad cúbica (volumen en ft3)	Capacidad (cantidad de cajas)
Camión: FedEx Freight	Sav-Cal	9 Cajas	\$1,860.29	3 días	N/A	Sin límite
Camión: Landstar	Sav-Cal	Contenedor	\$4,500	3 días	3800	21
Tren: Union pacific	Sav-Cal	Furgón	\$8,894	17 días	6289	63

Tabla 30. Comparativo detallado de modos de transporte terrestre

El modo de transporte FedEx Freight, uno de los cuatro segmentos de operación de FedEx, caracterizada por ofrecer servicios de carga menor a un camión de carga, se distingue de los servicios de camión de carga de la compañía Landstar y del tren de carga de la compañía Union Pacific por cobrar por caja individualmente, cada caja dependiendo su peso, volumen y distancia por recorrer, se le asigna un precio. En este caso para el transporte de las 9 cajas de Savannah a Mexicali se tiene un costo total de \$1,860.29 dls con un tiempo de tránsito de 3 días [33] (Ver tabla 31). En lo que se refiere a la capacidad cúbica y la cantidad de cajas a transportar se considera como ilimitada por el hecho que el negocio de empresas de envíos pequeños como lo es Fedex Freight consiste en transportar la mayor cantidad de productos de tal manera que se aproveche al máximo la capacidad cúbica de sus camiones y se minimice el costo por caja, a diferencia de la transportación por camión o por ferrocarril en las cuales el negocio está en rentar la mayor cantidad de contenedores o vagones respectivamente, independientemente si se aprovecha o no la capacidad cúbica de los mismos.

Costos de transporte de las cajas reutilizables por FedEx Freight					
Kits	Avión	No. de Caja	Dimensiones (in)	Peso (lb)	Costo de transporte (dlls)
1	G550	1	57 x 24 x 43	167	\$ 225.73
1	G450	1	57 x 24 x 43	167	\$ 225.73
2	G550	2	63 x 19 x 33	144	\$ 194.64
2	G450	4	64 x 19 x 50	201	\$ 271.69
3	G550	3	69 x 26 x 35	179	\$ 241.95
3	G450	5	57 x 25 x 44	174	\$ 235.18
7	G550	7	52 x 23 x 36	122	\$ 164.91
7	G450	7	52 x 23 x 36	122	\$ 164.91
6	G450	6	36 x 24 x 30	79	\$ 135.65
			Totales:	1355	\$ 1,860.39

Tabla
31.

Costos de transporte de las cajas reutilizables por FedEx Freight [34]

Como se comentó anteriormente en lo que se refiere al transporte de camión Landstar y el tren Unión Pacific se cobra por contenedor y vagón completos respectivamente. En la tabla 30 se puede apreciar que el costo por vagón (de 60 pies de largo) es casi el doble del costo por contenedor (de 53 pies de largo), pero también vemos la relación directa con la capacidad cúbica y la cantidad de cajas reutilizables que ambos pueden contener. El contenedor de camión solamente tiene una capacidad de transportar 21 cajas reutilizables a un costo de \$4,500 dlls por contenedor, mientras que el vagón es capaz de transportar 63 cajas a un costo de \$8,894 dlls por vagón. A pesar de ser más costoso el vagón del ferrocarril en relación al contenedor de un camión, si tomamos en cuenta la capacidad de cajas de ambos, se necesitarían de tres contenedores con un costo total de \$13,500 dlls para igualar la capacidad de cajas de un vagón, por consiguiente resulta más económico el vagón. La gran desventaja que caracteriza al ferrocarril es el tiempo tan prolongado de tránsito, necesitando 17 días para transportar las 63 cajas de Savannah a Mexicali, mientras que al camión solamente le toma 3 días (1/6 parte del tiempo de tránsito del ferrocarril).

¿Qué significa mayor tiempo de tránsito por parte del transporte del ferrocarril? Que los retornos de las cajas reutilizables no podrían llevarse a cabo de manera frecuente obligando a contar con un mayor inventario de cajas para poder satisfacer la demanda de las mismas. Contar con un mayor inventario de cajas implica mayor costo de inversión de las mismas. De lo contrario, para la transportación por camión, al tener un tiempo de tránsito considerablemente bajo en comparación con

el ferrocarril, se puede tener un inventario reducido pero la cantidad de retornos sería mayor incrementando el costo de transporte.

Tomando en cuenta estas aseveraciones, ¿cómo elegir el transporte de colecta óptimo? Para tomar una decisión acertada sobre el medio de transporte en la tabla 32 se puede observar un comparativo detallado de los modos de transporte terrestre, diferentes cantidades de cajas a retornar, furgones y contenedores necesarios, el costo por retorno, la cantidad de cajas necesarias en inventario para el retorno deseado, el tiempo de tránsito del transporte en días, el inventario de seguridad en Mexicali (número de cajas), el tiempo de uso de las cajas en Savannah antes de poder ser retornadas, el costo de fabricación de las cajas, la frecuencia y cantidad de retornos necesarios al año y el costo de transporte anual. En esta tabla se pueden visualizar varios escenarios tomando en cuenta todas las variables que entran en juego para poder determinar el medio de transporte óptimo para la colecta. Al ser el objetivo del desarrollo del sistema logístico inverso la reducción de costos, se consideró la alternativa más económica como la más óptima. Antes de dar a conocer la alternativa de transporte de colecta más óptima, es importante explicar algunas consideraciones que se tomaron en cuenta para desarrollar la tabla 32.

Consideraciones para determinar la cantidad de cajas necesarias en												
Modo de transporte	No. de cajas a retornar	Furgones / contenedores necesarios	Costo por furgón / contenedor	Costo total por retorno	Cajas necesarias en inventario para el retorno deseado	Tiempo de tránsito del transporte (días)	Inventario de seguridad en Mexicali (# cajas)	Tiempo de uso de las cajas en Savannah (días)	Costo de fabricación de las cajas	Frecuencia de retornos (días)	Retornos necesarios al año	Costo de transporte anual
Furgón de tren (cap. Máx. 63 cajas)	63	1	\$ 12,400.00	\$ 12,400.00	117	17	18	10	\$ 18,578.42	49	8.00	\$ 99,200.00
	54	1	\$ 12,400.00	\$ 12,400.00	108	17	18	10	\$ 17,149.31	42	9.00	\$ 111,600.00
	45	1	\$ 12,400.00	\$ 12,400.00	99	17	18	10	\$ 15,720.20	35	11.00	\$ 136,400.00
	36	1	\$ 12,400.00	\$ 12,400.00	90	17	18	10	\$ 14,291.09	28	14.00	\$ 173,600.00
	27	1	\$ 12,400.00	\$ 12,400.00	81	17	18	10	\$ 12,861.99	21	18.00	\$ 223,200.00
	18	1	\$ 12,400.00	\$ 12,400.00	72	17	18	10	\$ 11,432.88	14	27.00	\$ 334,800.00
	9	1	\$ 12,400.00	\$ 12,400.00	63	17	18	10	\$ 10,003.77	7	53.00	\$ 657,200.00
Contenedor de camión (cap. Máx. 21 cajas)	63	3	\$ 4,500.00	\$ 13,500.00	99	3	18	10	\$ 15,720.20	49	8.00	\$ 108,000.00
	54	3	\$ 4,500.00	\$ 13,500.00	90	3	18	10	\$ 14,291.09	42	9.00	\$ 121,500.00
	45	3	\$ 4,500.00	\$ 13,500.00	81	3	18	10	\$ 12,861.99	35	11.00	\$ 148,500.00
	36	2	\$ 4,500.00	\$ 9,000.00	72	3	18	10	\$ 11,432.88	28	14.00	\$ 126,000.00
	27	2	\$ 4,500.00	\$ 9,000.00	63	3	18	10	\$ 10,003.77	21	18.00	\$ 162,000.00
	18	1	\$ 4,500.00	\$ 4,500.00	54	3	18	10	\$ 8,574.66	14	27.00	\$ 121,500.00
	9	1	\$ 4,500.00	\$ 4,500.00	45	3	18	10	\$ 7,145.55	7	53	\$ 238,500.00
Fedex	63	No aplica	No aplica	\$ 13,022.03	99	3	18	10	\$ 15,720.20	49	8.00	\$ 104,176.24
	54			\$ 11,161.74	90	3	18	10	\$ 14,291.09	42	9.00	\$ 100,455.66
	45			\$ 9,301.45	81	3	18	10	\$ 12,861.99	35	11.00	\$ 102,315.95
	36			\$ 7,441.16	72	3	18	10	\$ 11,432.88	28	14.00	\$ 104,176.24
	27			\$ 5,580.87	63	3	18	10	\$ 10,003.77	21	18.00	\$ 100,455.66
	18			\$ 3,720.58	54	3	18	10	\$ 8,574.66	14	27.00	\$ 100,455.66
	9			\$ 1,860.29	45	3	18	10	\$ 7,145.55	7	53.00	\$ 98,595.37

Tabla 32. Comparativo de los costos de fabricación de las cajas y costos de transporte anual para los diferentes modos de transporte

En el campo de “No. de cajas a retornar”, se tomó como el valor máximo 63 cajas por ser la máxima capacidad de cajas del furgón (mayor que la capacidad del contenedor del camión) y como valor mínimo la cantidad de 9 cajas que son las necesarias por semana. Furgones o contenedores necesarios se refiere a la cantidad de unidades necesarias para contener o transportar el número de cajas a retornar, siempre tomando en cuenta la capacidad máxima de cada unidad. El costo por furgón o contenedor es el mismo que se mostró en la tabla 30, mientras que el costo total por retorno multiplica el costo por furgón o contenedor por la cantidad necesaria de los mismos. Para el caso de Fedex se multiplican los \$1,860.29 dls (costo por transportar las 9 cajas) por los múltiplos 2, 3, 4, 5, etc. dependiendo la cantidad de cajas a retornar 18, 27, 36, 45, etc. Para calcular la cantidad de cajas necesarias en inventario para el retorno deseado se tomaron en cuenta 3 consideraciones: el tiempo de tránsito del transporte descrito en la tabla 30, el inventario de seguridad deseado en Mexicali para asegurar que en todo momento habrán cajas disponibles para contener el producto terminado y el tiempo de uso de las cajas en Savannah, desde que llegan hasta que son desocupadas las cuales serán descritas en el punto 3.6.2 *Cálculo de cantidad de cajas reutilizables necesarias y tiempos adecuados de colección*.

El costo de fabricación de las cajas se refiere al costo de fabricación de las cajas reutilizables, el cual se obtuvo multiplicando el costo de la caja reutilizable (ver ejemplo en la tabla 33) por la cantidad de cajas que sumarán la cantidad de cajas necesarias en inventario para los retornos deseados mostrado en la Tabla 32.

No. de caja	Costo por caja reutilizable	Cantidad de cajas	Costo total
1	\$ 155.52	5	\$ 777.58
1	\$ 155.52	5	\$ 777.58
2	\$ 164.48	5	\$ 822.38
3	\$ 220.34	5	\$ 1,101.72
4	\$ 214.28	5	\$ 1,071.42
5	\$ 187.36	5	\$ 936.79
7	\$ 136.79	5	\$ 683.95
7	\$ 136.79	5	\$ 683.95
6	\$ 58.04	5	\$ 290.19
Total		45	\$ 7,145.55

Tabla 33. Cálculo del costo de fabricación de 45 cajas reutilizables

La frecuencia de los retornos (días) se refiere a la cantidad de días que transcurren entre los retornos. Dicha frecuencia se obtuvo tomando en cuenta la cantidad de cajas necesarias en inventario y el número de cajas a retornar. En el punto 3.6.2 *Cálculo de cantidad de cajas reutilizables necesarias y tiempos adecuados de colección*, se muestra un ejemplo (ver figura 44) de cómo se contabilizó la frecuencia para cada una de las alternativas mostradas en la tabla 32.

Los retornos necesarios al año simplemente se calcularon dividiendo 365 días del año entre la frecuencia de retornos. Este dato es indispensable ya que al multiplicarlo por el costo total por retorno obtuvimos el costo de transporte anual. Como se puede ver en la tabla 32, Fedex al retornar 45 cajas cada 7 días se convierte en el modo de transporte más económico generando un costo de transporte anual de \$98,595.37 dls y un costo de fabricación de las cajas de \$7,145.55 dls. Al ser Fedex el modo de transporte más económico para retornar las cajas reutilizables, se considera para el sistema logístico inverso como el medio de transporte óptimo.

3.6.2 Cálculo de cantidad de cajas reutilizables necesarias y tiempos adecuados de colección

Como se explicó anteriormente para calcular la cantidad de cajas reutilizables necesarias y los tiempos adecuados de colección se tomó en cuenta la cantidad mínima de cajas necesarias por semana, el inventario de seguridad deseado en Mexicali para asegurar que en todo momento habrán cajas disponibles para contener el producto terminado, el tiempo de uso de las cajas en Savannah y el tiempo de tránsito del transporte de las cajas.

Antes de hacer el cálculo, es importante conocer cuántas cajas para Kits se necesitan actualmente a la semana de cada número de caja. En la tabla 34 se muestran las cantidades:

No. de caja	Cantidad de cajas
1	2
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1
7	2
Total	9

Tabla 34. Cantidad actual de cajas para Kits necesarias semanalmente

Como se puede ver, 9 es el total de cajas necesarias a la semana. Esto quiere decir que por lo menos cada semana se deben de retornar 9 cajas o más para que el sistema de logística inversa funcione de acuerdo a las necesidades de GAC Mexicali.

Tomando como ejemplo las 9 cajas a retornar como mínimo, ¿Cuántas cajas serían necesarias para mantener un inventario de seguridad de 18 cajas en Mexicali? Para esto se utilizó una hoja de cálculo de Excel en donde se simuló los envíos de cajas de Mexicali a Savannah y viceversa, tomando en cuenta los tiempos de tránsito de envíos de 3 días para los medios de transporte Landstar (envío Mxl-Sav) y Fedex (retorno Sav-Mxl) y los 10 días de uso de las cajas en Savannah. En la figura 44 se puede observar un calendario de envíos y colección de cajas reutilizables donde se pueden ver los niveles de inventarios de GAC Mexicali y GAC Savannah para 45 cajas en inventario.

No. de semana	Domingo	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sábado
1		45 0				→ 9 36	1
2	2	3 1 9	2	3	4	→ 9 27 5	1 6
3	2 7	3 8 1 18	9 2	← 9 10 3 9	1 4 1	2 → 9 18 5 2	3 1 6 3
4	2 7 4	3 1 8 18 5	2 9 6	← 9 3 10 9 7	1 4	2 → 9 18 5	3 1 6
5	2 7	3 8 1 18	9 2	← 9 10 3 9	1 4	2 → 9 18 5	3 1 6

Figura 44. Calendario de envíos y colección de 45 cajas reutilizables

Como se puede ver en la figura 45, en la primera semana Mexicali cuenta con sus 45 cajas, 36 almacenadas y 9 en uso siendo llenadas hasta el día viernes, día el cual son enviadas a Savannah, terminando la semana con 36 cajas solamente.

En la segunda semana, después de 3 días de tránsito, Savannah recibe las 9 cajas el día lunes, las cuales serán vaciadas paulatinamente durante 10 días (hasta el día miércoles de la 3era semana). El día viernes de la 2da semana Mexicali envía otras 9 cajas a Savannah, quedando solamente con 27 cajas en su poder.

Para la tercera semana, de igual manera después de 3 días de tránsito, Savannah recibe las 9 cajas el día lunes, teniendo en su poder 18 cajas. Las 9 cajas recibidas durante esta semana se empiezan a vaciar de igual manera el mismo día lunes, mientras que las 9 cajas recibidas durante la 2da semana se terminan de utilizar para el día miércoles de la 3era semana y ese mismo día se envían de regreso a Mexicali por Fedex. El día viernes de la 3ra semana Mexicali envía otras 9 cajas a Savannah quedando solamente con 18 cajas las cuales son las que se desean mantener como mínimo para el inventario de seguridad. Para el sábado de la tercera semana Mexicali recibe las 9 cajas reutilizables enviadas por Savannah después de 3 días de tránsito, aumentando su inventario a 27 cajas. Al momento de iniciar la cuarta semana Mexicali cuenta con un inventario de seguridad de 27 cajas y no de 18 como se deseaba tener como mínimo, ¿Por qué 27 y no 18? Este dato puede ser un tanto engañoso, pero tiene su razón de ser. Si por algún motivo el envío efectuado por Savannah de las 9 cajas reutilizables no se llevara a cabo a tiempo o durante el tránsito estas sufrieran algún retraso o percance, Mexicali para el día lunes de la cuarta semana aún contaría con las 18 cajas como inventario de seguridad. Ahora bien, porque tener 18 cajas como inventario de seguridad y no solamente 9, que a final de cuentas son las que se necesitan cada semana. La respuesta es sencilla, si se tuvieran solamente 9 cajas y una de estas se dañara, no habría caja de reemplazo y/o probablemente tiempo suficiente para reparar la misma, por lo tanto si se tienen 18 cajas, si una de estas se daña, puede ser reemplazada rápidamente por otra en lo que es reparada.

A partir de la tercera semana en adelante (semana 4, 5, 6, etc....) el comportamiento en envíos y niveles de inventarios se repite.

Empezando el día jueves de la 3era semana se puede ver el conteo de los días que transcurren entre retornos. Cada 7 días se necesitan estar retornado 9 cajas de Savannah a Mexicali para mantener el inventario de seguridad en Mexicali de 18 cajas.

Es importante aclarar que la figura 44 solo representa el comportamiento de envíos y recolección de cajas cuando se tiene un inventario de 45 cajas (Ver Tabla 35). Para retornos de mayores cantidades como 18, 27, 36, 45, 54 y 63 cajas de igual manera se elaboraron calendarios de envíos y recolección en Excel para determinar la cantidad de cajas necesarias en inventario y la frecuencia de los retornos (valores los cuales pueden ser consultados en la tabla 32).

No. de Caja	Cantidad de cajas necesarias
1	10
2	5
3	5
4	5
5	5
6	5
7	10
Total	45

Tabla 35. Cantidad de cajas necesarias en inventario para retornar 9 cajas por Fedex Freight

3.6.3 Planificación de rutas de colección

Las rutas de colección de las cajas reutilizables se muestran en las figuras 45, 46 y 47, distinguiéndose una de la otra las carreteras de alta velocidad que se toman para llegar al destino, en este caso GAC Mexicali, las millas a recorrer y los tiempos de entrega.

Los tiempos fueron calculados dividiendo la distancia (millas) entre la velocidad limite de camiones en los E.U.A. de 55 mi/hr.



Figura 45. Ruta de colección Sav-Mxl (Alternativa 1)



Figura 46. Ruta de colección Sav-Mxl (Alternativa 2)



Figura 47. Ruta de colección Sav-Mxl (Alternativa 3)

Después de analizar las distancias y los tiempos de recorrido de las 3 alternativas presentadas, no se alcanza a distinguir una gran diferencia entre una y otra, aunque la alternativa 1 ofrece el menor tiempo de recorrido, siendo esta la mejor opción.

3.7 Clasificación y colocación de los retornos

Dependiendo el estado de la caja reutilizable retornada, será clasificada en alguna de las siguientes categorías:

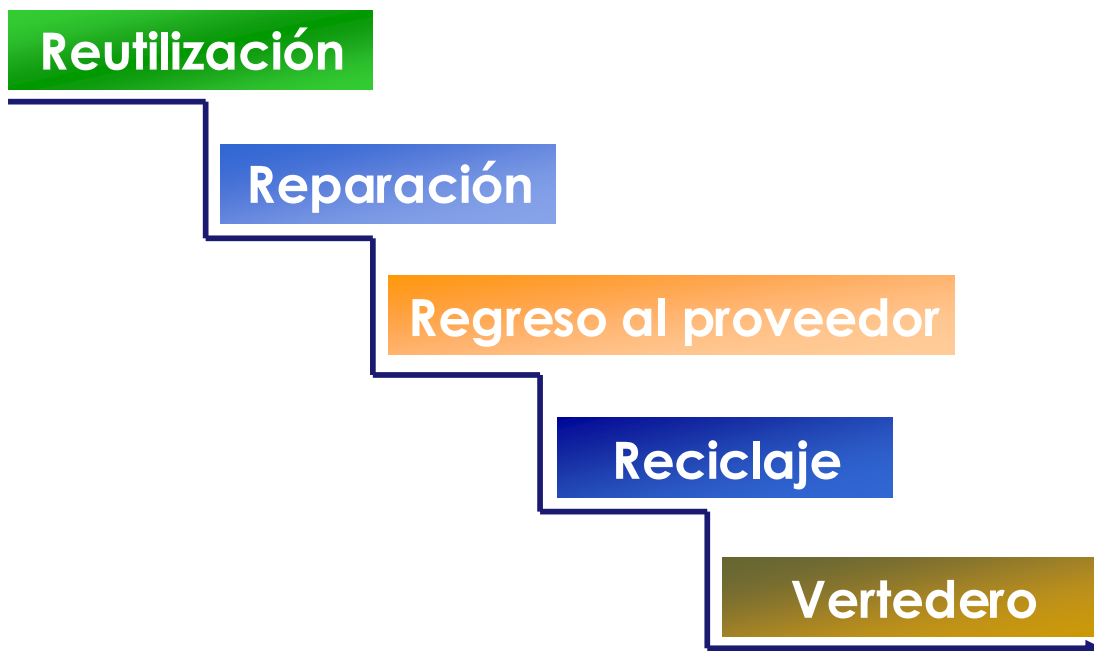


Figura 48. Categorías de clasificación para las cajas reutilizables

La primera opción siempre será ser reutilizada, ya que ese es el fin de las cajas reutilizables. Si la caja presentara un daño menor se buscaría la manera de repararla. Si el daño de la caja requiere más de una simple reparación, se regresaría al proveedor de las cajas si entra dentro del periodo de garantía de la caja ó si se llega a un acuerdo para este tipo de situaciones, ya sea para reponer la caja con una nueva o recibir un reembolso económico. Otra alternativa de haber pasado el periodo de garantía y no tener un acuerdo con el proveedor es de entregar la misma a una empresa recicladora de plástico ó que sea desechada al vertedero.

3.8 Medición y control

La medición y control puede estar íntimamente ligada a la tecnología. Es por eso que se seleccionó para este sistema el uso de la tecnología más implementada en la industria según la encuesta realizada por el autor Rogers & Tibben-Lembke:

- Códigos de barras



Figura 49. Lector de códigos de barras

Por ser un sistema de logística inversa simple donde solamente hay 3 posibles destinos (Mexicali-Calexico-Savannah) para las cajas reutilizables, y el hecho de ser una tecnología no costosa se decidió utilizar códigos de barra para poder conocer en todo momento la ubicación exacta de las cajas.

Para poder evaluar el desempeño del sistema logístico inverso, y poder hacer las correcciones o mejoras necesarias, se tomarán en cuenta las siguientes medidas de desempeño:

- Tiempo requerido para la recuperación de la caja.
- Cantidad de veces que la caja es reutilizada.
- Vida útil de operación de las cajas reutilizables.
- Porcentaje de cajas dañadas en su manejo y transporte.

3.9 Evaluación económica

Como evaluador económico se calculó el periodo de recuperación de la inversión (PRI) para la alternativa de 45 cajas reutilizables, la cual fue considerada en los puntos 3.6.1 y 3.6.2 como la más óptima para el desarrollo del sistema logístico inverso. En la tabla 36 se muestra el periodo de recuperación de la inversión al adquirir 45 cajas reutilizables.

Periodo de Recuperación de la Inversión de la elaboración de las 45 cajas reutilizables									
No. de Caja	Costo actual	Cantidad de cajas por viaje	Cantidad anual de cajas utilizadas	Costo actual anual por caja	Cantidad de cajas reutilizables necesarias	Costo de caja reutilizable	Inversión en caja reutilizable	Cantidad de viajes para recuperar la inversión	Periodo de recuperación de la inversión (mes)
1	\$ 97.20	2	100	\$ 9,719.72	10	\$ 155.52	\$ 1,555.15	8.00	2.00
2	\$ 102.80	1	50	\$ 5,139.90	5	\$ 164.48	\$ 822.38	8.00	2.00
4	\$ 137.72	1	50	\$ 6,885.75	5	\$ 220.34	\$ 1,101.72	8.00	2.00
3	\$ 133.93	1	50	\$ 6,696.40	5	\$ 214.28	\$ 1,071.42	8.00	2.00
5	\$ 117.10	1	50	\$ 5,854.92	5	\$ 187.36	\$ 936.79	8.00	2.00
7	\$ 85.49	2	100	\$ 8,549.32	10	\$ 136.79	\$ 1,367.89	8.00	2.00
6	\$ 36.27	1	50	\$ 1,813.66	5	\$ 58.04	\$ 290.19	8.00	2.00
Total:				\$ 44,659.67	45	Total:	\$ 7,145.55		

Tabla 36. Periodo de recuperación de la inversión al adquirir 45 cajas reutilizables

El promedio del periodo de recuperación de la inversión mensual es de 2 meses, necesitando tan solo 8 viajes o retornos.

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1 Diagramas comparativos del sistema actual de envíos de cajas Mxl-Sav y del sistema de logística inversa desarrollado

A continuación en la figura 50 se muestran 2 diagramas, el primero muestra el estado actual de los envíos de cajas de un solo uso y el segundo diagrama muestra el sistema de logística inversa desarrollado. En ambos diagramas se muestra un resumen de lo que se desarrolló en el Capítulo 3.

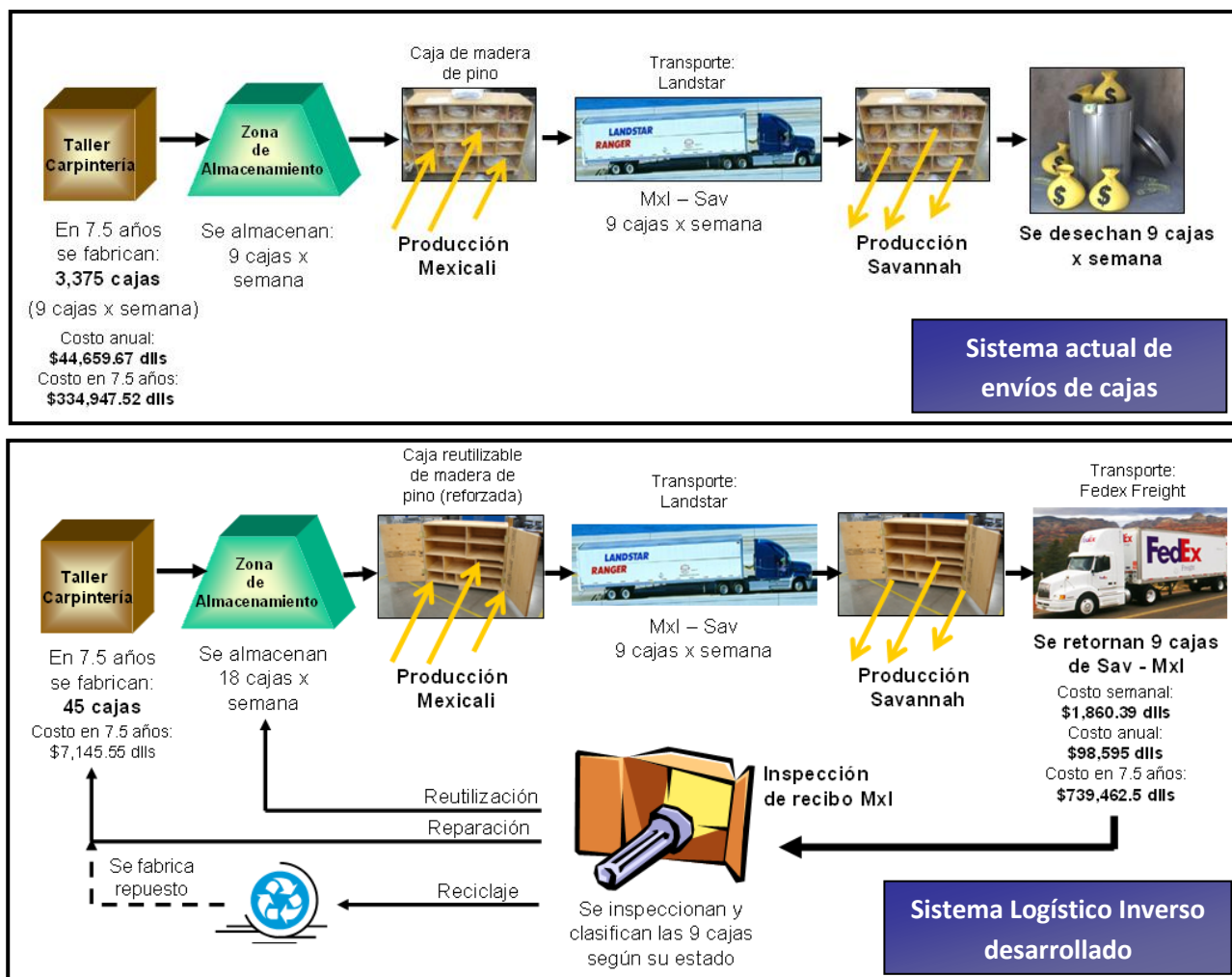


Figura 50. Diagrama comparativo del sistema actual de envíos de cajas y el sistema de logística inversa desarrollado

4.2 Comparación de los costos de materiales y transporte del sistema de logística inversa desarrollado con los costos actuales

En la figura 51 se muestra el estado actual del costo de fabricación de las cajas a través de los años y el sistema logístico inverso propuesto en el cual se muestra la inversión inicial y los costos de transporte anual de los retornos.

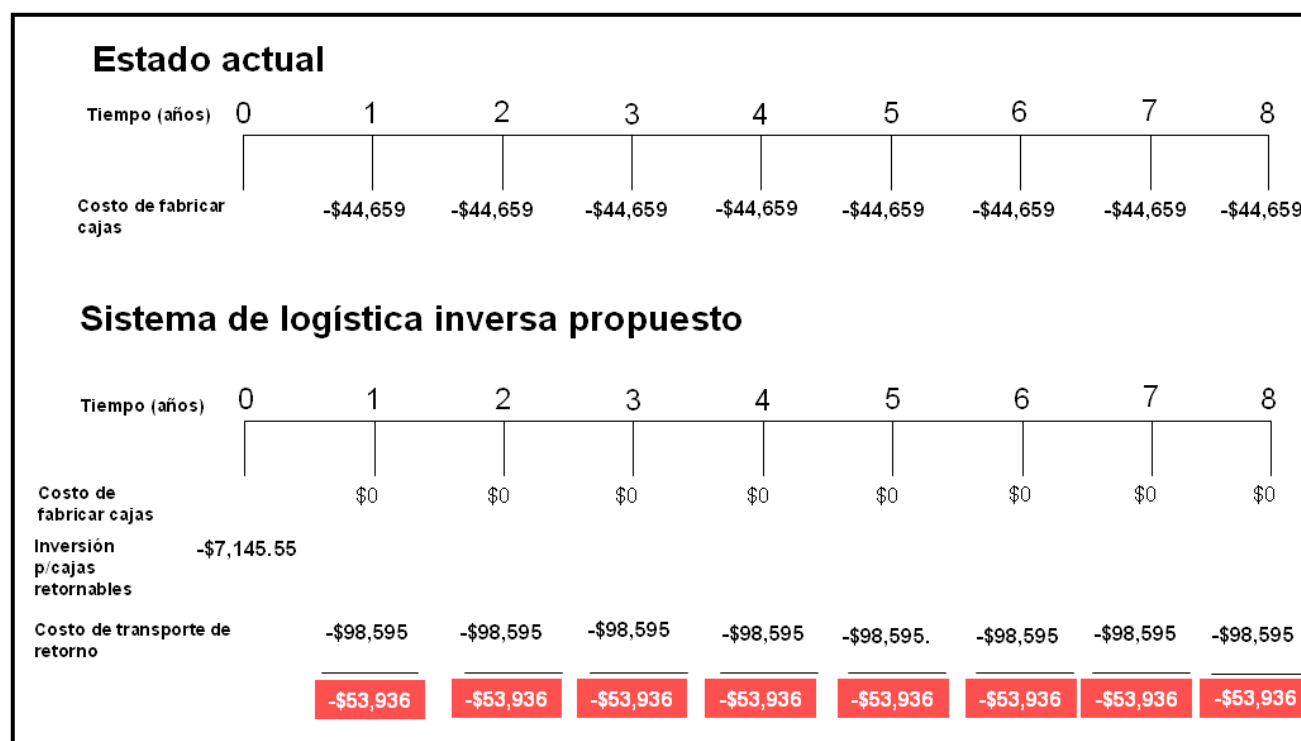


Figura 51. Costos del estado actual y del sistema logístico inverso propuesto a través del tiempo

Analizando la figura 51, en el estado actual se puede ver el costo de fabricación de las cajas a través de los años de \$44,659.67 dls (referencia sección 3.4.1, Tabla 25), sin otro costo involucrado como sucede con el sistema de logística inversa propuesto en el cual vemos al costo de fabricación de las cajas con un valor de cero por el hecho que solo se hace una inversión inicial de \$7,145.55 dls (para la alternativa óptima de 45 cajas en inventario y el medio de transporte de Fedex Freight, referencia sección 3.6.1, Tabla 33) y el costo de transporte anual de retorno de \$98,595 dls (referencia sección 3.6.1, Tabla 32).

En esta figura se logra ver claramente que el sistema logístico inverso propuesto resulta ser \$53,936 dls más costoso que el estado actual prevaleciente en Interiores Aéreos S.A. de C.V. en el cual se fabrican cajas de madera “desechables” por el hecho que se utilizan una sola vez.

4.3 Beneficios ambientales obtenidos

A pesar que no se obtuvo una reducción en los costos del área de embarque al desarrollar el sistema logístico inverso, es posible rescatar un gran beneficio medio ambiental que, en los tiempos que vivimos de crisis aunado principalmente al calentamiento global, significa una excelente alternativa para reducir el impacto ambiental y la huella ecológica que deja Interiores Aéreos S.A.. de C.V. al desempeñar sus operaciones cotidianas.

Al introducir en sus operaciones de empaque y transporte las cajas reutilizables, las cuales sustituyen las cajas de madera de un solo uso, se elimina la necesidad de adquirir hojas de triplay de pino para fabricar cada semana del año las cajas de un solo uso. Al no consumir las hojas de triplay de madera de pino, se reduce la demanda de esta materia prima y por consiguiente se reduce la cantidad de árboles talados necesarios para cubrir dicha demanda. Del mismo modo, al preservar mayor cantidad de árboles en su hábitat natural, estos son capaces de absorber mayores cantidades de CO₂, principal factor que genera el calentamiento global.

A continuación se presentan los cálculos realizados para obtener la cantidad de árboles que se pueden salvar al introducir las cajas reutilizables y la cantidad de CO₂ que se puede absorber si se preservaran dichos árboles.

4.3.1 Cantidad de árboles a salvar

Para poder calcular la cantidad de árboles a salvar, es necesario conocer la cantidad de hojas de triplay que pueden obtenerse de un árbol de pino promedio y la cantidad de hojas de triplay necesarias en un año para fabricar la demanda actual de cajas de madera de un solo uso.

Según la empresa chilena CMPC la cual cuenta con cinco centros de negocios: Forestal, Celulosa, Papeles, Tissue y Productos de Papel, en su sitio web educativo Papelneta.cl afirma que de un árbol de pino se obtienen 0.43 m^3 de madera aserrable, de la cual se fabrica el triplay.

Las hojas de triplay que se utilizan en la empresa tienen una dimensión de 8 pies de largo (2.439 m) x 4 pies de ancho (1.2192 m) x 5/8 de pulgada de grosor (0.0158 m). Multiplicando entre sí estas dimensiones obtenemos un volumen de 0.046 m^3 por hoja de triplay. Si dividimos los 0.43 m^3 de la madera aserrable que se obtiene de un pino entre los 0.046 m^3 de las hojas de triplay utilizadas se obtienen 9.35 hojas de triplay por cada árbol de pino. Ver tabla 37.

Equivalencias	
1 arbol de pino	0.43 m^3 de madera aserrable
1 hoja de triplay	0.046 m^3
Cantidad de hojas de triplay fabricables por pino	9.35

Tabla 37. Cantidad de hojas de triplay fabricadas por pino [36]

La cantidad de hojas de triplay necesarias en un año para fabricar la demanda actual de cajas de madera de un solo uso se puede ver en la tabla 38.

No. de caja	Cantidad de hojas de triplay utilizadas para la fabricación de cajas	Cantidad de cajas utilizadas anualmente	Cantidad de hojas de triplay necesarias en un año
1	4.5	100	450
2	5	50	250
3	7	50	350
4	7	50	350
5	6	50	300
6	1.5	50	75
7	4	100	400
	Total	450	2175

Tabla 38. Cantidad de hojas de triplay necesarias en un año

Dividiendo la cantidad de hojas de triplay necesarias en un año de 2,175 entre la cantidad de hojas de triplay obtenidas de un árbol de pino promedio, 9.35, se obtiene la cantidad de árboles de pino necesarios para producir las 450 cajas o las 2,175 hojas de triplay, resultando en **232.62 árboles de pino al año**.

Tomando en cuenta que el tiempo de vida promedio de las cajas reutilizables de madera es de 7.5 años, se puede obtener la cantidad total de árboles que se salvarían en este periodo de tiempo, multiplicando los 232.62 árboles de pino al año por los 7.5 años, resultando en **1,744.65 árboles de pino**.

4.3.2 Cantidad de CO₂ a absorber

Para obtener la cantidad de CO₂ que puede ser absorbido por los 232.62 árboles de pino salvados anuales o los 1,744.65 árboles correspondientes a los 7.5 años de vida promedio de las cajas reutilizables, primero es necesario conocer la cantidad de Kg. de CO₂ que absorbe un pino al año, en este caso se obtuvo el dato para dos especies de pino, el pino carrasco y el pino piñonero [37]. En la tabla 39 se puede observar el cálculo desarrollado para cada especie de pino.

Especie de pino	Absorción de CO ₂ (Kg) [37]	Cantidad de árboles necesarios al año	Periodo de 1 año	Periodo de 7.5 años
			Cantidad de Kg de CO ₂ absorbidos	Cantidad de Kg de CO ₂ absorbidos
Pino carrasco	48.87	232.62	11368.1394	85261.05
Pino piñonero	27.18	232.62	6322.6116	47419.59

Tabla 39. Cantidad de Kg. de CO₂ absorbidos para dos especies de pino (1 y 7.5 años) [37]

Para tener una mejor idea de cuanto equivale los 47.87 Kg. y los 27.18 Kg. de absorción de CO₂ anual del pino carrasco y piñonero respectivamente, se compararon con un árbol promedio el cual absorbe 6 Kg. de CO₂ al año [38], equivalente a la cantidad de CO₂ que emiten 100 carros al día [39].

Con esta equivalencia de 6 Kg. de CO₂ absorbidos por un árbol promedio para 100 carros, se obtuvieron los factores de 8.145 (48.87 Kg / 6 Kg) para el pino carrasco y 4.53 (27.18 Kg / 6 Kg) para el pino piñonero los cuales se multiplicaron por la cantidad de carros de los cuales un árbol promedio al año absorbe el CO₂ que producen al día. De esta manera se completó la tabla 40.

Cantidad de árboles	Cantidad de carros (Arbol Promedio)	Cantidad de carros (Pino piñonero)	Cantidad de carros (Pino Carrasco)
1	100	453	814.5
2	200	906	1629
3	300	1359	2443.5
4	400	1812	3258
5	500	2265	4072.5
232.62	23262	105376.86	189468.99
1744.65	174465	790326.45	1421017.425

**Tabla
40.**

Comparación de diferentes especies de árbol y la cantidad de carros de los cuales son capaces de absorber el CO₂ que generan al día

Como se puede ver en la tabla 40, 1744.65 pinos carrasco podrían absorber el CO₂ que generan 1,421,017.424 carros en un día que es aproximadamente la cantidad total de carros que se encuentran en la ciudad de Guadalajara, Jalisco, México, la cual cuenta con 1 millón 557 mil 194 carros [40].

4.4 Ventajas y desventajas identificadas en el desarrollo del sistema de logística inversa

Al desarrollar el sistema de logística inverso óptimo que se puede ver en la figura 50, se obtuvieron puntos a favor y en contra que a continuación se describirán brevemente:

4.4.1 Ventajas

- **Beneficio medio ambiental**

Como se puede ver en el punto 4.3 *Beneficios medio ambientales obtenidos* al sustituir el uso de cajas de madera de un solo uso, por cajas de madera reutilizables con un promedio de vida de 7.5 años, se obtienen grandes ahorros en árboles (pinos) los cuales son talados para producir la madera consumida por las cajas de un solo uso. Al utilizar las cajas reutilizables se evita la tala de árboles los cuales absorben grandes cantidades de CO₂, uno de los principales contaminantes que han generado el calentamiento global de los últimos años.

- **Documentación y evidencia de proyecto no económicamente factible/conveniente para la empresa**

Como se pudo ver en el punto 4.2 *Comparación de los costos de materiales y transporte del sistema de logística inversa desarrollado con los costos actuales*, el desarrollo del sistema de logística inversa tuvo como resultado, económicamente hablando, una pérdida de \$53,936 dls al año en comparación con el estado actual. Toda la información que se utilizó para obtener este resultado esta documentada y sirve como referencia para proyectos o trabajos futuros tanto para el ámbito laboral como educativo.

Proyectos futuros de desarrollo de un sistema de logística inversa para la reutilización de embalaje que cuenten con características similares a las presentadas en esta tesis, pueden apoyarse en los resultados obtenidos para decidir si es económicamente factible o no llevarlos a cabo.

- **Identificación de áreas de oportunidad**

Una vez concluido el desarrollo del sistema logístico inverso, analizando los diferentes factores que influyeron de mayor o menor medida en los resultados obtenidos, se pueden identificar algunas áreas de oportunidad para lograr un resultado más favorable económicamente hablando las cuales se describen a continuación:

- Diseño de las cajas reutilizables. El diseño de las cajas con compartimientos o divisiones limitó la selección del tipo de material de la caja y el hecho que pudiera ser colapsable para aprovechar al máximo el espacio cúbico del transporte de retorno minimizando su costo. Analizando las necesidades reales del cliente respecto al diseño de la caja, de ser posible, se podría negociar un diseño el cual permitiera colapsar las cajas.
- Distancia mas corta entre cliente – proveedor. El factor que tuvo mayor impacto en el alto costo obtenido al desarrollar el sistema logístico inverso (SLI) fue la distancia tan larga existente entre Mexicali y Savannah. Entre mayor distancia exista entre los involucrados en un SLI, mayor será el costo transporte de los retornos, y por lo tanto el desarrollo del SLI será más costoso. El factor distancia en la mayoría de las veces no podrá ser modificado o controlado, pero si puede ser tomado en cuenta para posibles SLI que puedan desarrollarse con nuevos clientes, inclusive con proveedores.

- Coordinar y agrupar envíos de Sav – Mxl con retornos de cajas reutilizables. Actualmente GAC Savannah envía partes a GAC Mexicali, en su mayoría son envíos urgentes por tratarse de números de parte que tienen algún defecto el cual puede ser reparado o que necesita analizarse para encontrar la causa raíz que originó el defecto. Cada semana se llevan a cabo esta clase de envíos los cuales generan un costo de \$650 dls en promedio para la empresa. Si ya existen envíos de Savannah a Mexicali se podrían aprovechar para agrupar dichos envíos con el retorno de las cajas reutilizables, integrarlos y así obtener un ahorro en costo.

4.4.2 Desventajas

- Lejanía entre las empresas involucradas en el SLI. Como ya se explicó en las áreas de oportunidad detectadas, la lejanía o distancia larga existente entre Savannah y Mexicali incrementa enormemente los costos de transporte de retorno de las cajas reutilizables, siendo la desventaja más desfavorable para el desarrollo de un sistema de logística inversa entre estas dos ciudades. Simplemente, el alto costo de transporte de retorno hace económicamente no factible la implementación del SLI.
- Altos costos del servicio de transporte de retorno. Si comparamos el estado actual de envíos del producto en cajas de madera de un solo uso contra el SLI desarrollado, aparte de la inversión inicial que se requiere para las cajas reutilizables, los costos elevados del transporte de retorno del SLI sobrepasan los costos de fabricación de las cajas de un solo uso que genera el estado actual. Claro está que el costo de transporte de retorno es directamente proporcional a la cercanía o lejanía de los involucrados en el SLI.

- Diseño de la caja no flexible para ser colapsable. También como ya se comentó en el área de oportunidades detectadas, el hecho que el diseño de la caja exigiera compartimientos o divisiones dentro de la misma, hizo prácticamente imposible, con los avances tecnológicos actuales, la habilidad de la misma de ser colapsable para minimizar el espacio cúbico al ser apiladas y por consiguiente minimizar los costos de transporte de retorno de las cajas.

4.5 Conclusiones

La presente tesis, respaldada por los cuatro capítulos anteriores, permite constatar las siguientes conclusiones:

1. Al desarrollar el sistema logístico inverso (SLI) se logra la reducción aproximada del 20% de los costos totales anuales de materiales del área de embarque (incluye mano de obra) al reemplazar las cajas de un solo uso por las cajas reutilizables reforzadas de madera de pino. Sin embargo, en lo que se refiere al costo de transporte de las cajas, el SLI al requerir el retorno de las cajas reutilizables para su reutilización, genera un costo extra de transporte de \$98,595 dls al año. Tomando en cuenta el ahorro anual logrado de \$44,659 dls por el uso de cajas reutilizables, el SLI termina resultando en una pérdida económica de \$53,936 dls para la empresa Interiores Aéreos S.A. de C.V. (Gulfstream Mexicali). Por lo tanto, implementar un SLI para las 7 cajas para Kits no es económicamente viable para la empresa.
Este resultado negativo es sustentado principalmente por un *factor de éxito* mencionado en el marco teórico (2.10.4 *Consideraciones de empaque retornable: beneficios, costos, ergonomía, manejo y factores de éxito*), la distancia de transporte. En este caso, se da lo contrario, el factor de “no éxito” es la larga distancia de recorrido necesario para el retorno de las cajas reutilizables, lo cual dispara el costo de transporte. Si la distancia entre los participantes del sistema logístico inverso (Mexicali y Savannah) fuera la mitad o 3/4 partes menor que la actual, manteniendo las mismas condiciones, el SLI generaría un ahorro de costos para la empresa.

2. Un beneficio directo que se puede rescatar del SLI desarrollado es la reducción del impacto medio ambiental al evitar el consumo de 2,175 hojas de triplay de madera de pino necesarias para la producción anual de las cajas de madera de un solo uso, las cuales equivalen a 232.62 árboles de pino. En 7.5 años, tiempo de vida de las cajas reutilizables, estos 232.62 árboles se convierten en 1,744.65 árboles de pino salvados. Otro aspecto a tomar en cuenta es la cantidad de CO₂ que estos árboles de existir pudieran absorber, que en un periodo de 7.5 años sería equivalente al CO₂ que generan 1,421,017 carros en un día (para la especie de pino carrasco), contribuyendo a la reducción del calentamiento global, problema medio ambiental actual de mayor preocupación para la humanidad. Este beneficio medio ambiental, hasta cierto grado tangible y realista, refuerza y sustenta a dos de los factores impulsores de la logística inversa descritos en el estado del arte (*1.4 Fuerzas promotoras de la Logística Inversa*), la cultura del desarrollo sostenible y la preocupación por el bienestar y conservación de los recursos naturales.
3. Los resultados obtenidos en este último capítulo, son lo suficientemente claros y contundentes para que sirvan a la gerencia del Dpto. de Materiales de Interiores Aéreos S.A. de C.V. de evidencia y sustento para no contemplar la implementación de un SLI para las 7 cajas de Kits como medio para obtener ahorros en los costos del área de embarque y operación.
4. A pesar que los factores de éxito para la implementación exitosa de un SLI para las 7 cajas para Kits no se presentaron para Interiores Aéreos S.A. de C.V., el trabajo de investigación desarrollado es una referencia y a la vez un caso práctico real muy valioso ya que resalta algunas características o factores de “no éxito” tal como las distancias largas entre los participantes del SLI, la limitante del diseño de la caja para que sea colapsable y los altos costos de transporte de retorno, los cuales siempre podrán ser tomados en cuenta para futuros proyectos internos (dentro de la compañía) o externos a nivel industrial o comercial, para la correcta toma de decisiones, y también con fines didácticos en el ámbito educativo, sobre todo para ejemplificar casos donde el desarrollo de un sistema de logística inversa no siempre resulta exitoso.

4.6 Recomendaciones para trabajos futuros

- Calcular cual sería el costo de adquirir un medio de transporte propio (camión de caja larga) de la compañía en el cual se puedan transportar las cajas de ida y de regreso para reducir los costos de transporte de retorno de las cajas. Contemplar los costos de consumo de gasolina, mantenimiento, salario de un chofer, casetas, etc.
- En caso de existir envíos de producto, materia prima u otra material del cliente hacia el proveedor (para el caso de esta investigación, de Savannah a Mexicali), aprovechar los mismos envíos para integrarlos a los envíos de retorno de empaque reutilizable. El empaque reutilizable se puede utilizar para contener el material o producto que será enviado del cliente al proveedor aprovechando que este mismo tiene que ser retornado para su uso.
- Tomar en cuenta la emisión de gases CO₂ del transporte de retorno de las cajas reutilizables para obtener un cálculo de impacto ambiental del SLI más realista.
- Manejar cajas colapsables para reducir el costo de transporte de retorno de las mismas.
- Tomar en cuenta la distancia de recorrido de las cajas reutilizables entre los participantes del SLI antes de llevar a cabo la investigación o el desarrollo del SLI, para evitar trabajo innecesario para casos con poca probabilidad de éxito.

BIBLIOGRAFÍA

[1] *Gulfstream History*. Julio 2006. [Citado 10/11/07]; Disponible en:

www.gulfstream.com/history/index.htm

- [2] GreenFacts. "*Consenso Científico sobre el Cambio Climático Evaluación 2001*" 2008 [citado 02/25/08]; Disponible en: <http://www.greenfacts.org/es/cambio-climatico/index.htm>.
- [3] *El mundo es basura*, en Revista *Muy Interesante*. Noviembre 2007. p. 158.
- [4] Díaz, A., Álvarez, M. J., González, P, *Logística Inversa y Medio Ambiente*.
2004, España: Mc Graw Hill
- [5] *Logística Inversa, Normas y Políticas de Reciclado*. Julio 2007 [citado 02/26/08; Disponible en: <http://www.enfasis.com/logistica/historialdetalle.asp?ID=261>.
- [6] Maeso, E. *Logística inversa. Amenaza u oportunidad*. 2008 [citado 03/10/08]; Disponible en: http://www.mbm.uma.es/index.php?option=com_content&task=view&id=44&Itemid=48.
- [7] Rogers, D., Tibben-Lembke, *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*. 1998, University of Nevada, Reno, Center for Logistics Management, Disponible en: <http://www.rlec.org/reverse.pdf>
- [8] Excelencia Logística. *Beneficios de la tecnología RFID*. 2008 [Citado 04/25/08]; Disponible en: www.excelencialogistica.org/aguilas/interno/images/img_epc/RFID.doc

[9] Código QR. 2008 [citado 15/02/08]; Disponible en:
http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo_QR

[10] Ballou, Ronald H., *Logística: Administración de la cadena de suministro*. 2004, México: Pearson Educación

[11] García, A., *Recomendaciones Táctico-Operativas para implementar un programa de Logística Inversa: Estudio de caso en la industria del reciclaje de plásticos*. Texto completo en www.eumed.net/libros/2006a/ ed. 2006: Edición electrónica gratuita.

[12] Krikke H., Le Blanc, L., Van de Velde, S., 2003, *Creating value from returns*,
Center Applied Research working paper no. 2003-02

[13] Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. *Ley Federal sobre Metrología y Normalización*. 1992 [citado 03/22/08]; Disponible en:
http://www.economia.gob.mx/work/normas/Marco_legal/Leyes/LFMN_2006.pdf.

[14] Congreso general de los Estados Unidos Mexicanos. *Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos*. 2003 [citado 03/28/08]; Disponible en:
<http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/ley/lresiduos.pdf>.

[15] U.S Environmental Protection Agency (EPA). *Leyes y Regulaciones*.
2008 [citado 04/20/08]; Disponible en:
<http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/id/univwast/laws.htm>

[16] Zero Waste America. *Recycling efforts struggle against three factors*. 2002.

[citado 04/20/08]; Disponible en: <http://www.zerowasteamerica.org/>

[17] Beamon Benita, 1999. "Designing the Green Supply Chain. Logistics

Information Management Vol.-12, No.- 4, pp: 332- 342

[18] Products Collapsible Bulk Boxes. 2008 [Citado 11/04/08]; Disponible en:

<http://www.buckhorninc.com/products/collapsible-bulk-boxes.asp>

[19] Wooden Pallet Collars. 2008 [Citado 11/04/08]; Disponible en:

www.palletcollars.co.uk/wooden_pallet_collars.htm

[20] Niebel, B., Freivalds, A., Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño

del Trabajo. 2004, México: Alfaomega.

[21] Identificando y disminuyendo mermas, Descripción del mapeo de flujo de

valor. 2008 [Citado 02/05/08]; Disponible en:

http://www.12manage.com/methods_value_stream_mapping_es.html

[22] Evans, J. R. y Lindsay, W., Administración y Control de la Calidad. 2000,

México: Iberoamericana

[23] Herbert W. Davis y William H. Drumm, "Logistics Costs and Service Database 2002", Annual Conference Proceedings (San Francisco, CA: Council of Logistics Management, 2002) Disponible en: www.clm1.org.

[24] Piercy, James, "A Performance Profile of Several Transportation Freight Services" (Disertación doctoral, Case Western Reserve University sin publicar, 1977)

[25] DeHayes, Daniel Jr, "The General Nature of Transit Time Performance of Selected Transportation Modes in the Movement of Freight" (Disertación doctoral, Ohio State University, 1968): págs. 163-177.

[26] Wilson, Rosalyn A., "Transportation in America 2000, 18ª. ed. (Washington, DC: ENO Transportation Foundation, 2000), pág. 51.

[27] Lewis Howard T., Culliton James w, Steele Jack W., "The Role of Air Freight in Physical Distribution (Boston: Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University, 1956), pág. 82.

[28] "Intermodal Traffic Creeps Upward", Daily Trucking and Transportation News (24 de julio de 1996).

[29] Pinto, Kirk, District Sales Manager of Buckhorn, A Myers industries Company, website: www.buckhorninc.com, e-mail: kpinto@buckhorninc.com

[30] Godinez, Alejandro, Representante en México de NEFAB, The Global Partner for complete Packaging Solutions, website: www.nefab.com.mx, e-mail:

[31] Ballesteros Angel, Propietario de Angel Ballesteros Embalajes, website:

<http://www.angelballesteros-embalajes.com>

[32] Service Guide 2009 of FedEx (Federal Express), website: www.fedex.com, link:

http://images.fedex.com/us/services/pdf/Service_Guide_2009.pdf

[33] Get rates en la página de internet de FedEx Freight: <http://www.fedex.com/us/freight/main/>

[34] Area de embarque de Interiores Aéreos S.A. de C.V.

[35] Price & Transit Time inquiry, Origen: Calxico Destino: Savannah, Material:

Plywood (triplay) en la página de internet de Union Pacific: www.up.com,

accesado el 05/29/09.

[36] *El árbol: ¿Sabías qué?*, [Citado 03/20/2009]; Disponible en:

http://www.papelnet.cl/arbol/sabias_que.htm

[37] *Estudio de la Universidad de Sevilla "Arboles contra el cambio climático"*. [Citado 04/08/2009];

Disponible en: <http://www.elmundo.es/elmundo/2007/08/07/ciencia/1186483337.html>

[38] *Planta un árbol este año*. [Citado 11/18/2009]; Disponible en:

<http://www.veoverde.com/2009/02/planta-un-arbol-este-ano/>

[39] *Un árbol absorbe de media los gases tóxicos que emiten 100 coches en un día.* [Citado 04/08/2009]; Disponible en:

<http://ecodiario.eleconomista.es/medio-ambiente/noticias/787386/10/08/Experto-asegura-que-un-arbol-absorbe-de-media-los-gases-toxicos-que-emiten-cien-coches-en-un-dia.html>

[40] *“En Guadalajara se triplica la cantidad de vehículos a motor en sólo doce años”* [Citado 11/18/2009]; Disponible en:

<http://www.mexicohazalgo.org.mx/2009/09/en-guadalajara-se-triplica-la-cantidad-de-vehculos-a-motor-en-slo-doce-aos/>

[41] *“Gráfica circular”* [Citado 12/01/09]; Disponible en:

http://es.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%A1fica_circular

[42] *“Diagrama de Pareto”* [Citado 12/01/09]; Disponible en:

http://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Pareto

GLOSARIO

Costo. Se define como el “valor” sacrificado para adquirir bienes o servicios que se mide en dinero, mediante la reducción de activos (Desembolso) o al incurrir en pasivos en el momento en que se obtienen los beneficios (Adquisición de deuda).

Consignatario:

Mano de obra. Es el esfuerzo físico o mental empleados en la fabricación de un producto.

Mano de obra directa. Es aquella directamente involucrada en la fabricación de un producto terminado que puede asociarse con éste con facilidad y que representa un importante costo de mano de obra en la elaboración del producto.

Materiales. Son los principales recursos que se usan en la producción, éstos se transforman en bienes terminados con la adición de mano de obra directa y costos indirectos de fabricación.

Materiales directos. Son todos los que pueden identificarse en la fabricación de un producto terminado, fácilmente se asocian con éste y representan el principal costo de materiales en la elaboración del producto.