



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS  
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948

**Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo**

**Departamento de Ingeniería Industrial**

## **Trabajo de Diploma**

**Título:** Procedimiento para el diseño y gestión de la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones en la Dirección Territorial de ETECSA Villa Clara.

**Autora:** Mayrelis Lisa Leyva

**Tutor(es):** MSc. Alina Díaz Curbelo

MSc. Duniesky Feitó Madrigal

Santa Clara

2010

Año 52 de la Revolución

CON SU ENTRAÑABLE TRANSPARENCIA





***Pensamiento***



*“Quiero que rechaces siempre lo fácil, lo cómodo,  
todo lo que enaltece y honra;  
implica sacrificio”*

*Che*



# *Dedicatoria*

- ❖ *A la memoria de mi abuelo que ha sido toda mi fuerza e inspiración para salir adelante en esta última etapa de la carrera y que aunque ya no este conmigo vive dentro de mi corazón.*
- ❖ *A mis padres por la educación, el apoyo que me dieron durante toda la vida y por ser merecedores de todo mi amor.*
- ❖ *A mi novio por apoyarme en todos los momentos difíciles por los que he pasado y por su incondicionalidad.*
- ❖ *A mis tres hermanos que los quiero mucho.*



*Agradecimientos*

- ❖ *A mi madre, y mi padrastro que lo han dado todo para que yo salga adelante y no tengo palabras para agradecerles todo el sacrificio que han hecho.*
- ❖ *A mi padre por ser la razón de mi existir y por confiar en mí.*
- ❖ *A mis suegros por estar pendiente de mí en todo momento, por toda su ayuda y sus consejos.*
- ❖ *A mi novio por ser tan especial en mi vida y por estar presente cuando más lo necesito.*
- ❖ *A mis tutores Alina Díaz Curbelo y Duniesky Feito Madrigal por toda la ayuda y dedicación que me han brindado durante todo este tiempo.*
- ❖ *A mis amigas del 402 por apoyarme y ayudarme en los momentos más difíciles y durante todos estos años.*
- ❖ *A toda mi familia por estar siempre pendiente de mí.*
- ❖ *A mis amigos Yinsel y Adrián por ser como hermanos para mí.*
- ❖ *A mi tía Dalia por incondicionalidad.*
- ❖ *A todas las personas que de una forma u otra me han ayudado o simplemente me han deseado suerte.*

*A todos ellos les agradezco infinitamente.....*

*Muchas Gracias.*



# *Resumen*

La Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA) se encuentra inmersa en un proceso de reordenamiento empresarial a partir de la definición de estrategias concretas en función de la disminución de gastos y la elevación de los niveles de productividad. En tal sentido una de las fuentes por explotar y de mayor impacto en los gastos operacionales y en la disminución de los niveles de importación por conceptos de compras innecesarias en el exterior es el aprovechamiento y la gestión de los recursos que se retiran de las redes de telecomunicaciones en desuso. En función de los problemas detectados como parte de la investigación y dada la importancia que se le concede a la reutilización de los recursos provenientes de la recogida de rutas telefónicas, en la presente investigación se propone un procedimiento para el diseño y gestión de la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones en la dirección territorial de ETECSA en Villa Clara. Como principales resultados del estudio cabe destacar la identificación de los procesos que componen el flujo inverso para estos recursos, la planificación de la distribución a partir de un mayor aprovechamiento de las capacidades de transportación así como la integración de los procesos identificados como resultado del desmonte de las redes de telecomunicaciones al sistema logístico directo mediante la inclusión de los recursos materiales reutilizables al sistema operacional de la empresa. En la investigación se utilizan técnicas y herramientas como el modelo de programación lineal, diagrama de flujo para la representación de los procesos y actividades así como diferentes procedimientos estudiados en la asignatura de logística II para la determinación de las capacidades y medios de almacenamiento.



# *Summary*

Company of Telecommunications of Cuba (ETECSA) is immersed in a corporate restructuring process from the definition of specific strategies based on reducing costs and raising productivity levels. In this regard one of the sources by exploiting and the greatest impact on operational costs and decreasing import levels for purchases abroad is unnecessary utilization and management of resources that are removed from networks telecommunications into disuse. Depending on the problems identified as part of the investigation and given the importance it attaches to the recycling of resources from the collection of telephone lines, this research proposes a procedure for the design and management of reverse logistics disassembled resources of telecommunications networks in territorial management ETECSA in Villa Clara. The main results of the study include the identification of processes that comprise the reverse flow to these resources, the distribution planning from a better utilization of transportation capacity and the integration of the processes identified as a result of clearing telecommunications networks to direct logistics system through the inclusion of reusable material resources of the enterprise operating system. This research will use techniques and tools such as linear programming model, flow chart for the representation of processes and activities as well as different procedures studied in the course of logistics II for determining the storage capacity and measured.



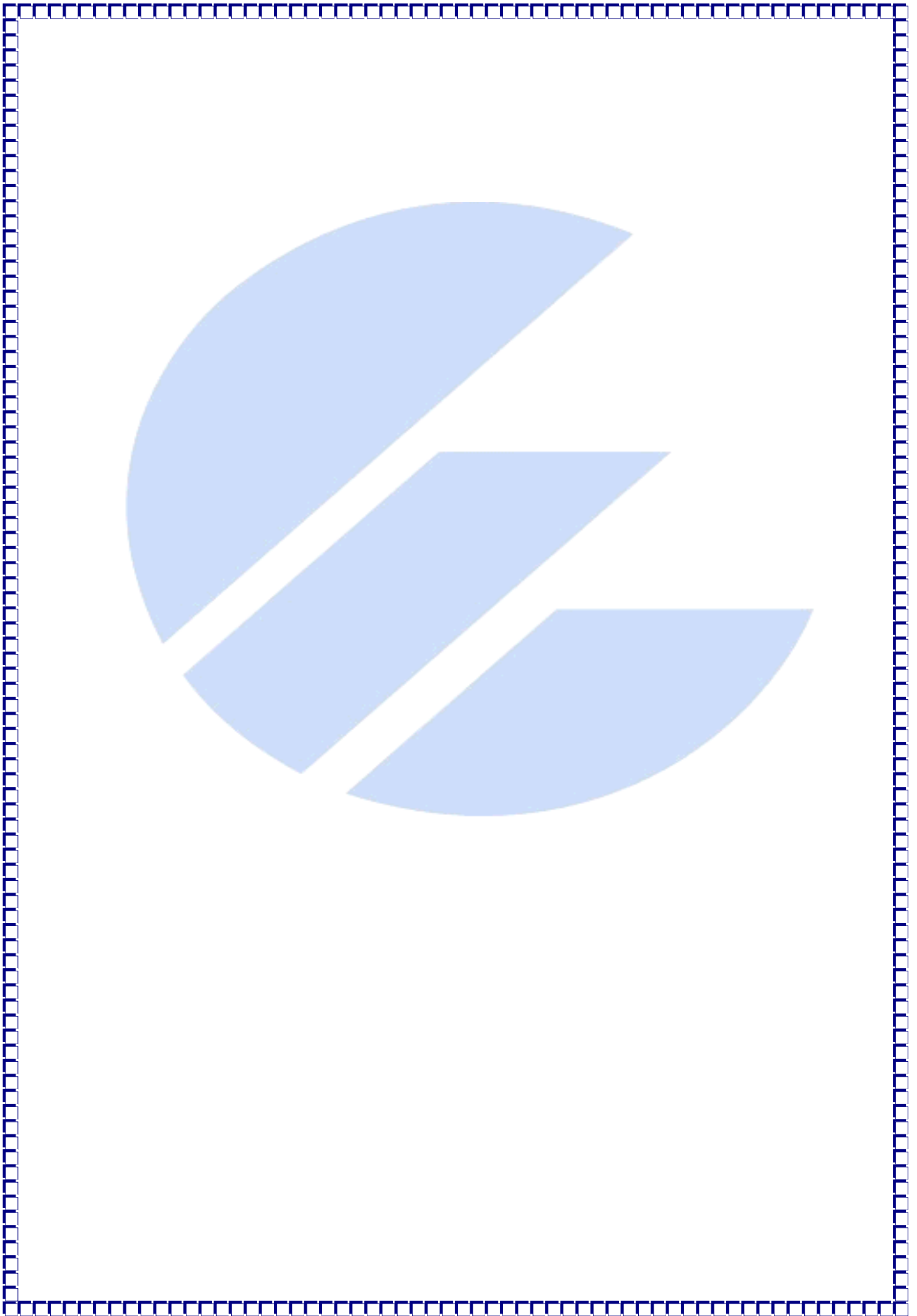
# *Índice*

**INDICE**

|   |    |
|---|----|
| <b>Introducción</b> .....   | 1  |
| <b>Capítulo 1. Marco teórico - referencial de la investigación</b>  |    |
| 1.1. Introducción.....  | 6  |
| 1.2. Logística.....   | 7  |
| 1.3. Logística inversa.....   | 8  |
| 1.4. Ventajas y puntos críticos de la logística inversa.....  | 11 |
| 1.5. Procesos de la logística inversa.....  | 12 |
| 1.6. Actividades de la logística inversa.....   | 14 |
| 1.7. Procedimientos para el diseño y gestión de la logística inversa.....   | 15 |
| 1.8. Situación actual de la logística inversa de las empresas de telecomunicaciones en el mundo.....  | 16 |
| 1.9. Situación de la logística inversa de recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones en la Dirección Territorial de ETECSA en Villa Clara.....   | 20 |
| 1.10. Conclusiones Parciales.....   | 22 |
| <b>Capítulo 2. Procedimiento para el diseño y gestión de la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones de la DTVC</b>   |    |
| 2.1. Introducción.....  | 23 |
| 2.2. Fundamentación del procedimiento general.....  | 23 |
| 2.3. Planteamiento del procedimiento para el diseño y gestión de la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones de ETECSA en Villa Clara.....                                    | 25 |
| 2.4. Conclusiones Parciales.....  | 37 |
| <b>Capítulo 3. Aplicación del procedimiento para el diseño y gestión de la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones en la Dirección Territorial de ETECSA en Villa Clara.</b> |    |
| 3.1. Introducción.....  | 38 |
| 3.2. Aplicación de procedimiento para el diseño y gestión de la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones en la Dirección Territorial de ETECSA en Villa Clara.....            | 38 |
| 3.3. Conclusiones Parciales.....  | 53 |
| <b>Conclusiones Generales</b> .....   | 54 |

---

|                              |    |
|------------------------------|----|
| <b>Recomendaciones</b> ..... | 58 |
| <b>Bibliografía</b> .....    | 59 |
| <b>Anexos</b> .....          | 60 |



## **INTRODUCCIÓN**

Desde hace ya algunas décadas se ha empezado a observar la importancia que tiene desde el punto de vista ambiental y desde el punto de vista económico, la gestión responsable y adecuada de los residuos industriales. Las empresas, inducidas principalmente por una legislación cada vez más restrictiva en términos de generación de residuos empiezan a considerar la utilización de procesos productivos más limpios en los que se reduzca la cantidad de materias primas empleadas, se generan menos residuos, se racionalice el uso de fuentes de energía, etc obteniéndose así mayores cotos de bienestar medioambiental. Indudablemente aún no se han conseguido avances significativos en términos absolutos existiendo cuestiones en las que resulta cada vez más complicado obtener compromisos firmes por parte de ciertos colectivos y entidades. Quizás una de las principales razones por las que aún no se ha logrado resultados exitosos en este sentido sea que la gestión de los residuos admiten unos costes económicos para las empresas que, en muchas ocasiones, prefieren pagar por contaminar y de esta forma evitarla, en principio, onerosa gestión de los residuos que generan. La industria es uno de los actores principales de la generación de residuos y de hechos numerosos autores aun asumiendo la existencia de una responsabilidad compartida entre, al menos, empresas, gobiernos y consumidores, señalan que el papel de las empresas en la lenta degradación del planeta es particularmente relevante (Schmidheny, 1992; Hawken, 1993; Klassen, 1993). De esta forma, parece razonable pensar que la empresa debe tener también un papel protagonista en las actividades de gestión de residuos y subproductos generados en sus procesos industriales y empresariales, para lo cual es fundamental que la gestión de éstos no menoscabe la posición competitiva de aquella; así la empresa no actuaría mediatizada por presiones sociales ni por imposiciones normativas, sino que estaría desarrollando una actividad, la gestión de sus residuos, con el objetivo de obtener un beneficio económico. En tal sentido las empresas de telecomunicaciones a nivel mundial asumen una gran responsabilidad al ser grandes generadoras de residuos que afectan el medio ambiente, según estadísticos en la temática existen hoy en el mundo 4.600 millones de abonados al servicio de la telefonía móvil y se prevé que para fines del año 2010 llegarán a 5.000 millones, se estima que en cinco años, el celular será el principal medio de conexión a Internet y superará el acceso a la red de computadoras. Los celulares contienen metales pesados y sustancias químicas tóxicas persistentes que contaminan el medio ambiente y afecta la salud, en especial a los recuperadores informales que los manipulan sin la protección

adecuada, además muchos de los componentes que son muy valiosos y podrían recuperarse en vez de disponerse en rellenos sanitarios o en basurales a cielo abierto, uno de los elementos con mayor potencial de contaminación son la baterías recargables. Es por ello que muchas de estas empresa tales como Telefónica España, Telecom Italia han llevado a cabo innumerables proyectos para la gestión de estos residuos, bajo la responsabilidad extendida del productor que promueva mejoras ambientales en el ciclo de vida completo de los productos, extendiendo la responsabilidad del fabricante desde la producción hasta el tratamiento una vez finalizada la vida útil del producto (recuperación, reciclaje y disposición final), de señalar que la mayoría de estos proyectos están asociados de manera específica al tratamiento de la telefonía móvil por su impacto en el medio ambiente y en función de estrategias de crecimiento de este tipo de modalidad de comunicación en los próximos años dando menor importancia a la reutilización de los elementos de planta retirados de las redes de telecomunicaciones en desuso. En el caso específico de Cuba la situación aunque similar para el caso de las telecomunicaciones muestra otras aristas. La empresa de Telecomunicaciones de Cuba ETECSA es la responsable de brindar los servicios públicos de telecomunicaciones a nivel nacional mostrando un programa de inversiones a largo plazo donde potencia el incremento de líneas en servicio fijas y móviles, esta última en menor cuantía, determinado fundamentalmente por cuestiones tecnológicas que no hacen posible su extensión en todo el territorio nacional. En tal sentido los constantes cambios tecnológicos en función del cumplimiento de estos planes estratégicos ha traído consigo que hoy más que nunca el aprovechamiento y gestión de los materiales que se retiran de las redes de telecomunicaciones sea una necesidad de primer orden a nivel de empresa por su importancia en el incremento de los niveles de productividad y sustitución de importaciones. En función de regular esta actividad la empresa ha emitido diferentes cartas, resoluciones, propuestas de procedimiento que no llegan a definir con toda claridad los elementos que se gestionan en un sistema de logística inversa. En el caso específico de la Dirección Territorial de Villa Clara esta situación se ha visto agravada al no estar claramente definidas las funciones y responsabilidades de todos los actores de este importante proceso, esto ha traído consigo que en estos momentos no existan estrategias definidas en función de la reutilización de recursos y por ende en el incremento de los niveles de productividad, no se puedan fijar planes objetivos de nuevos ingresos por concepto de venta de recursos no reutilizables. A esto se le añade que al no estar concebida la logística inversa como parte del proceso logístico directo, el diseño y la

gestión efectiva de dichos procesos no ha sido objeto de estudio por parte de los especialistas y directivos de la empresa en función de elevar su desempeño.

Todo lo antes mencionado constituye la **situación problemática de la investigación**, y evidencia la necesidad de la misma.

De la situación problemática expuesta anteriormente se deriva el siguiente **problema científico**:

Carencia de una herramienta metodológica para el diseño y gestión de la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones de la Dirección Territorial de ETECSA Villa Clara que permita la gestión eficiente de estos recursos y su integración al sistema logístico directo.

A partir del problema científico se formula la **hipótesis de la investigación siguiente**: Mediante la concepción y aplicación de un procedimiento para el diseño y gestión de la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones en la Dirección Territorial de ETECSA en Villa Clara se contribuye a elevar gradualmente los niveles de eficiencia y productividad de la organización.

La hipótesis de investigación quedará validada si el procedimiento:

- Resulta factible en el objeto de estudio práctico seleccionado evidenciando capacidad de descripción, perspectiva y consistencia lógica.
- Permite una gestión más efectiva a lo largo de toda la cadena, garantizando un mayor aprovechamiento de los recursos reutilizables, los medios de transporte y los medios de almacenamiento, así como la integración al sistema logístico directo.
- Permita incrementar la productividad de la empresa a partir de la reducción de gastos por concepto de reutilización de recursos y en cierta medida el aumento de los ingresos por la comercialización de los residuos.

Para corroborar la hipótesis se plantea el sistema de objetivos siguientes:

El **objetivo general** es elaborar un procedimiento para el diseño y la gestión de la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones en la Dirección Territorial de ETECSA en Villa Clara de este objetivo general se derivan los **objetivos específicos** siguientes:

1. Construir el Marco Teórico-Referencial de la investigación, derivado de la consulta de la literatura científica nacional e internacional más actualizada teniendo en cuenta la problemática de la investigación, que sirva como soporte teórico-práctico del estudio.

2. Analizar cómo pudieran integrarse herramientas para el diseño y gestión de la logística inversa en el objeto de estudio a través de un procedimiento.
3. Desarrollar el procedimiento para el diseño y la gestión de la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones que permita la gestión eficiente de estos recursos.
4. Validar los resultados mediante la aplicación parcial del procedimiento propuesto en la dirección territorial de ETECSA Villa Clara.

Se puede decir que para lograr los objetivos planteados, la investigación se encuentra estructurada de la siguiente forma:

Capítulo I. Marco Teórico-Referencial de la investigación, donde se realiza una minuciosa revisión bibliográfica acerca de la logística , la logística inversa , las diferentes actividades, procesos y necesidad de la logística inversa, así como los principales procedimientos para el diseño y gestión de la misma.

Capítulo II. Fundamentación del procedimiento para el diseño y la gestión de la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones en la dirección territorial de ETECSA en Villa Clara a través de las diferentes fases y etapas que lo componen.

Capítulo III. Aplicación del procedimiento para el diseño y la gestión de la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones en la dirección territorial de ETECSA en Villa Clara.

Por último se realizan las conclusiones y las recomendaciones de la investigación teniendo en cuenta los resultados obtenidos.

Para realizar esta investigación se hace necesario utilizar diferentes técnicas y herramientas que sustenten los resultados a obtener con la misma entre las que se encuentran: revisiones bibliográficas, entrevistas, observaciones directas investigación de operaciones, diagramas de flujos y otras que serán indispensables para la elaboración de la investigación.

La investigación que se proyecta posee un valor teórico, metodológico y práctico.

Teórico: Ya que aporta un procedimiento para el diseño y gestión de logística inversa para la Dirección Territorial de ETECSA en Villa Clara. Esto, independientemente del resumen obtenido a partir del Marco Teórico – Referencial derivado de la consulta de la literatura nacional e internacional más actualizada.

Metodológico: Ya que brinda la posibilidad de la integración de conceptos, técnicas y herramientas para perfeccionar el procedimiento de logística inversa en la Dirección Territorial de ETECSA Villa Clara.

Práctico: Validez y factibilidad de poder aplicar el procedimiento propuesto de logística inversa en cualquier Dirección Territorial de ETECSA.

El principal resultado de la investigación está dado por:

Lograr un procedimiento que permita tomar las decisiones logísticas pertinentes, que garanticen la eficiencia y la productividad de la actividad de logística inversa en la Dirección Territorial de ETECA en Villa Clara.

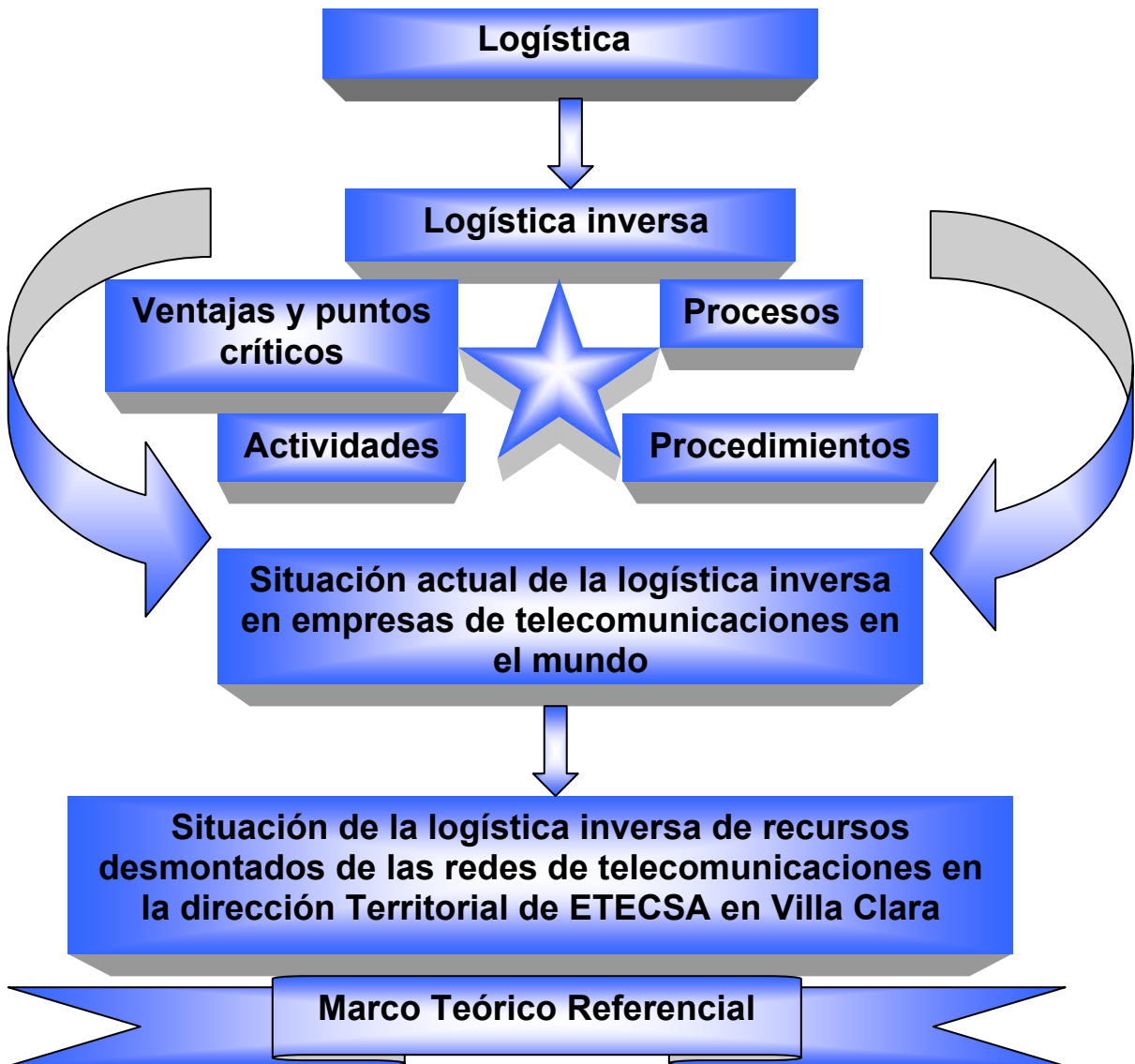


# *Capítulo I*

## 1. Marco Teórico Referencial de la investigación

### 1.1 Introducción

En este capítulo se pretende abordar una serie de conceptos y definiciones, obtenidos a través de la recopilación y consulta de documentos relacionados con el tema, constituyendo la plataforma bibliográfica de la investigación. A continuación se refleja el hilo conductor que se pretende seguir en el desarrollo de la misma representado en la figura 1.1.



**Figura 1.1:** Hilo Conductor del Marco Teórico Referencial

**Fuente:** Elaboración propia

## 1.2. Logística

Es a finales de los 90 que surge la era de la Logística integral, la cual puede interpretarse “como una forma de gestionar la empresa en un entorno altamente competitivo en la que los conceptos de oportunidad y rapidez en el suministro de los productos, el servicio y la calidad total constituyen un complemento imprescindible a las clásicas variables de calidad del producto y precio competitivo que el mercado exige. La Logística Integral es, a largo plazo, el único camino para asegurar y mantener una competitividad continuada en el mercado” (**Anaya, 2000**).

El **Dr. Roberto Cespón Castro y la MSc. María Auxiliadora Amador (2002)** en el libro “Administración de la Cadena de Suministros. Manual para estudiantes de la especialidad de Ingeniería Industrial”, definen la logística como el proceso de gestionar los flujos material e informativo de materias primas, inventarios en proceso, productos acabados, servicios y residuales desde el suministrador hasta el cliente, transitando por las etapas de gestión de los aprovisionamientos, producción, distribución física y de los residuales.

Diferentes autores como **Angulo Rivera, 2004; Knudsen González, 2005** dan un concepto muy aproximado sobre la logística y la definen como un sistema que garantiza el flujo eficiente de materiales o personas y de su información asociada desde un origen o fuente hasta un cliente o destino, incluyendo un flujo financiero.

La logística es un conjunto de técnicas que de por sí tienen cuerpo propio, no formando parte de ninguna en específico y sirviéndose de elementos de diferentes áreas como: la matemática, la informática económica, la administración de empresas y otras (**Torres Gemeil y colectivo de autores, 2003**).

Según **Knudsen González (2005)**, la logística es aquella parte de la gestión de la cadena de suministro que planifica, implementa y controla el flujo y almacenamiento eficiente de bienes, servicios e información desde el punto de origen hasta el punto de consumo para añadir valor al cliente con elevada competitividad y garantizando la preservación del medio ambiente.

Se debe tener en cuenta también que un producto puede ser devuelto o retornado a una empresa por diversos motivos, como despachos no acordes con las especificaciones del cliente (cantidad, producto, vida útil, productos obsoletos, etc.), no respetar los calendarios de entrega y problemas en transportes, niveles de stock en el destino, exceso de inventario, inventarios sobrantes de demandas estacionales, pedidos duplicados u otros. Por ello la empresa debe disponer de diversas formas para gestionar estas situaciones, que tiendan a la recuperación de, al menos, parte de su valor o bien asegurar

la correcta eliminación del producto garantizando también la preservación del medio ambiente como se mencionaba anteriormente. En el **Anexo 1** se muestran algunas definiciones de logística abordadas por diferentes autores.

Estos elementos son contemplados por la logística inversa la cual se aborda en el epígrafe siguiente.

### **1.3. Logística inversa**

Existen diferentes definiciones de logística inversa, que al consultar la literatura se aprecian, pues la misma tiene varios términos como: retrologística, logística reversa, gestión de devoluciones, recuperación y el reciclaje, o logística verde dependiendo del sector empresarial.

En la década del 90 se realizan una serie de trabajos en los que se aborda la problemática de la escasez de recursos y materias primas, así como las oportunidades que la recuperación y reutilización de productos usados representan para la empresa y para la sociedad.

Uno de los primeros trabajos es el de **Stock (1992)** en el que se analizan, entre otras cuestiones, los procesos logísticos relacionados con el retorno de productos desde el consumidor al productor, el reciclaje, la reutilización de materiales y componentes, la eliminación de residuos y las operaciones de restauración, reparación y refabricación.

También **Hevia Lanier; Urquiaga Rodríguez, (1996)** plantean: la logística reversa gestiona el retorno de las mercancías en la cadena de suministro, de la forma más efectiva y económica posible, se encarga de la recuperación y reciclaje de envases, embalajes y residuos peligrosos; así como de los procesos de retorno de excesos de inventario, devoluciones de clientes, productos obsoletos e inventarios estacionales. Incluso se adelanta al fin de vida útil del producto, con objeto de darle salida en mercados de mayor rotación.

La logística inversa se ocupa de los aspectos derivados en la gestión de la cadena de suministros del traslado de materiales desde el usuario o consumidor hacia el fabricante o hacia los puntos de recogida, para su reutilización, reciclado o eventualmente, su destrucción. Otros autores incluyen en la definición teórica de logística inversa la etapa de desmontaje o proceso de los materiales para su reutilización o eliminación de forma respetuosa con el medioambiente (**Kokkinaki, 1999**).

La logística reversa comprende todas las operaciones relacionadas con la reutilización de productos y materiales, se refiere a todas las actividades logísticas de recolección,

desensamblaje y proceso de materiales, productos usados, y/o sus partes, para asegurar una recuperación ecológica sostenida. (REVLOG, 2003).

Así pues **Rubio Lacoba, (2003)**, propone una definición de Logística en la que se integren claramente ambas funciones, por lo que apoyándose en la definición de **Rogers y Tibben-Lembke (1999)**, se puede definir la Logística como el proceso de planificación, desarrollo y control eficiente del flujo de materiales, productos e información desde el lugar de origen hasta el de consumo de manera que se satisfagan las necesidades del consumidor, recuperando el residuo obtenido y gestionándolo de tal manera que sea posible su reintroducción en la cadena de suministro denominándose esta recuperación logística inversa, obteniendo un valor añadido y/o consiguiendo una adecuada eliminación del mismo. En esta definición se tiene presente los dos flujos existentes en la función logística de las empresas ya sea directa o inversa:

1) **Flujo directo o hacia adelante**, que engloba el conjunto de actividades relacionadas con el flujo total de materiales, productos e información desde el productor hasta el consumidor, desde el aprovisionamiento de materias primas hasta la entrega del producto al cliente.

2) **Flujo inverso o hacia atrás**, que hace referencia tanto a la recuperación como a la devolución de los productos, subproductos y materiales susceptibles de ser reintroducidos en el proceso productivo de la empresa o en otros procesos diferentes, a las actividades necesarias para ello y al flujo de información que se establece desde el consumidor hasta el recuperador.

En la **figura 1.2** se muestra el flujo de la logística ya sea directa o inversa especificando la logística de la recuperación y la logística de la devolución.



**Figura 1.2:** Logística para la Recuperación y Logística de Devoluciones

**Fuente:** Rubio Lacoba (2003)

La logística inversa es el proceso de planificar, implementar y controlar eficientemente el flujo de materias primas, inventario en curso, productos terminados y la información relacionada con ellos, desde el punto de consumo hacia el punto de origen con el propósito de recapturarlos, crearles valor, o desecharlos (**Rogers & Tibben-Lembke, 2003**).

Además **Angulo Rivera (2003)** plantea que la logística inversa se encarga de la recuperación y reciclaje de envases, embalajes y residuos peligrosos; así como de los procesos de retorno de excesos de inventario, devoluciones de clientes, productos obsoletos e inventarios estacionales. Incluso se adelanta al fin de vida del producto, con objeto de darle salida en mercados con mayor rotación.

Así mismo **Angulo Rivera (2004)** plantea que, la logística inversa es el proceso de proyectar, implementar y controlar un flujo de materia prima, inventario en proceso, productos terminados e información relacionada desde el punto de consumo hasta el punto de origen de una forma eficiente y lo más económica posible con el propósito de recuperar su valor o el de la propia devolución.

Esta definición lleva implícito diferentes estrategias que están relacionadas fundamentalmente con todas las acciones de reciclaje, recuperación o reutilización, refabricación y reducción en cada uno de los eslabones de la cadena de suministro inversa donde la empresa tiene una ingerencia directa o indirecta de beneficios económicos (esto se refleja en el abatimiento de costos, disminución del uso de materiales, la obtención de partes de repuesto valiosas, utilización de tecnologías más limpias, reprocesamiento de los materiales con el objeto de utilizarlos para los mismos fines, entre otros), aún cuando los beneficios no son inmediatos, el trazar estrategias de logística inversa puede ser un paso estratégico si se desea lograr una buena imagen (ambiental), vínculos con el cliente, debido a que existe un incremento creciente de conciencia ambiental de la sociedad y lograr elevar los niveles de desempeño en la cadena logística.

Como se ha podido apreciar a partir del criterio de los autores citados anteriormente, de manera sintética se puede decir que la logística inversa gestiona el retorno de las mercancías en la cadena de suministro, de la forma más efectiva y económica posible.

Una actividad con un enorme potencial de crecimiento que ha sido definida como la última frontera para la reducción de costos en las empresas, además de convertirse en una importante y novedosa fuente de oportunidades.

Causas que generan la necesidad de una logística inversa

- Mercancía en estado defectuoso
- Retorno de exceso de inventario
- Devoluciones de clientes
- Productos obsoletos
- Inventarios estacionales

En general, los autores que han estudiado el concepto de Logística inversa (**Stock, 1992; Pohlen y Farris, 1992; Stock, 1998; Fleischmann, 2000**) suelen definirla con independencia del flujo directo, del mismo modo que en las definiciones tradicionales del concepto de logística abordado en el **epígrafe 1.2**, se omite la función inversa o de retorno de la misma.

El desarrollo de la Logística inversa es una realidad: la elaboración de tesis doctorales (**Thierry, 1997; Krikke, 1998; Fleischmann, 2001**), las publicaciones realizadas en prestigiosas revistas académicas (**European Journal of Operacional Research, International Journal of Production Economics, Interfaces, Omega, etc.**), la apertura de nuevas líneas de investigación o la constitución de grupos de investigación específicos sobre esta materia (**REVLOG European Working Group, RELOOP, Reverse Logistics Executive Council**), están contribuyendo a que la logística inversa cobre vital importancia dentro del mundo académico y profesional. Si bien a nivel profesional se han desarrollado algunos proyectos interesantes como: Campaña de Recuperación de teléfonos móviles Tragamóvil, Campaña de Recuperación de Electrodomésticos de Aniel e Industria de la madera en Valencia. En mayo de 2001 se desarrolló en Zaragoza el Foro Internacional PILOT sobre logística inversa, en el que se realizó la presentación en sociedad del concepto de Logística inversa. Los participantes en este Foro, fundamentalmente profesionales de la logística en España, tuvieron la oportunidad de conocer, de primera mano, las oportunidades que la función inversa de la logística ofrece a las empresas así como las ventajas competitivas que posee la misma.

#### **1.4. Ventajas y puntos críticos de la logística inversa**

Algunas de las ventajas o beneficios potenciales de la implementación de un programa de Logística inversa se mencionan a continuación:

- Disminución de la “sorpresa” o incertidumbre en la llegada de fuera de uso.
- Reaprovechamiento de algunos materiales.
- Posibilidad de la empresa de abarcar otros mercados.
- Mayor confianza en el cliente al momento de tomar la decisión de compra.

- Mejora considerable de la imagen de la empresa ante los consumidores.
- Obtención de información de retroalimentación acerca del producto.

En lugar de mencionar los siguientes puntos como desventajas, se han denominado puntos críticos o posibles dificultades:

- Se requiere la realización de estudios previos para el establecimiento de políticas de decisión en el tema.
- No se trata sólo de una simple manipulación del producto.
- Todos los departamentos de la empresa están relacionados con las actividades que se pretendan implementar de logística inversa.
- Las inspecciones deben ser realizadas en cada producto de forma individual y minuciosa.
- Se debe decidir si la empresa debe realizar las distintas actividades con sus propios recursos o si, por el contrario, requerirá los servicios de un operador especializado.
- Las devoluciones en pequeñas cantidades tienden a representar mayores costos al integrarlos al sistema.
- La nueva cadena (inversa) incluye un número de procesos inexistentes en logística directa.
- Las entradas a un proceso de logística inversa son “impredecibles”.

Evidenciándose estos dos últimos puntos en lo planteado por **Amozarrain Ramos (2005)** cuando menciona que un proceso no es más que el conjunto de recursos y actividades interrelacionados que transforma elementos de entrada en elementos de salida.

En todo caso, lo positivo y lo negativo de un programa de logística inversa implementado en una empresa dependerá de la naturaleza de éste y de la forma como se aplique, por lo que los factores mencionados anteriormente pueden fácilmente no aplicar a todos los casos.

Una arista importante a tratar es el tema de los procesos que en este caso forman parte de los puntos críticos no solo de la logística directa sino también de la logística inversa y como **Trischler (1998)** plantea que, para elevar la competitividad de las empresas se está llevando a cabo el enfoque fundamental de la gestión basada en procesos, se le da un espacio a este tema de vital importancia.

### **1.5. Procesos de la logística inversa**

Los procesos en logística inversa se enfocan a cinco objetivos claves: procuración de compras, reducción de insumos vírgenes; reciclado; sustitución de materiales, y gestión

de residuos. En cada uno de los procesos de la logística empresarial se pueden identificar los cinco enfoques señalados:

Procuración y compras: Implica la procuración, desarrollo de proveedores y la adquisición de materias primas, componentes, materiales para envase, empaque, embalaje y unidades de manejo que sean "amigables con el ambiente".

Reciclado: Es necesario desarrollar políticas de reciclado respetando el desempeño o estándares del producto: utilizar materiales de origen reciclado, y reciclables; explorar innovaciones tecnológicas que permiten utilizar materiales reciclados; financiar estudios para reducir el uso de materias primas vírgenes.

Sustitución de materiales: El incremento de la tasa de innovación en procesos de reciclado debe impulsar la sustitución de materiales, en particular de los más pesados por otros más ligeros con igual o superior desempeño (como es el caso en la industria automotriz donde los plásticos están sustituyendo masivamente partes de metal y vidrio en los automóviles, así como el aluminio o los materiales "compuestos" en los nuevos chasis de los camiones disminuyendo las fallas, facilitando un aumento de la unidad de carga para igual peso por eje).

Gestión de residuos: Las políticas de procuración de materiales deben evaluar la tasa de residuos en la utilización de materiales; el manejo de residuos es un costo no despreciable; también puede ser necesario tener políticas de aceptación de muestras, si las exigencias de gestión de los residuos de éstas, o simplemente su disposición por rechazo, es costosa (**Angulo Rivera, 2004**).

**Rubio Lacoba (2003)** plantea que concretamente la gestión de residuos se ha revelado como uno de los principales campos de actuación para las empresas, que han comenzado a considerar cuestiones tales como producción limpia, reducción de consumo de materias primas, diseño para el medio ambiente, reutilización de productos, envases y embalajes, etc., con el objetivo de disminuir la cantidad final de los residuos generados durante su actividad económica y gestionar adecuadamente su eliminación.








La gestión de residuos es un área de investigación demasiado amplia en la que se entremezclan distintas áreas de conocimiento. El planteamiento de esta investigación limita su campo de actuación, centrándolo en las posibilidades que presentan para la empresa, los productos usados y desechados y sobre los que la organización tiene determinadas responsabilidades legales.

Para el logro de cada uno de estos objetivos es necesaria la gestión eficiente de las actividades que permiten su consecución.

## 1.6. Actividades de la logística inversa

**Stock (1992)** recomienda que las empresas trabajen sobre varias actividades de manera secuencial. Dentro de la clasificación de actividades de logística inversa sugerida por este autor se hace énfasis en la: reducción del volumen de material, ya sean artículos terminados, envases o empaques, en la red de distribución de tal manera que sea menor la cantidad de producto que tenga que ser recuperado. Esta actividad es la que contribuye más a la reducción de costos e implica minimizar la utilización de materiales, el diseño de productos ecológicos y más fáciles de desmontar.

**Angulo Rivera (2004)** plantea que las actividades de la logística inversa son las siguientes:

-  Retirada de mercancía
-  Clasificación de mercadería
-  Reacondicionamiento de productos
-  Devolución a orígenes
-  Destrucción
-  Procesos administrativos
-  Recuperación, reciclaje de envases y embalajes y residuos peligrosos

Además otros autores como: **Rogers y Tibben-Lembke, (1998)** listaron las actividades de la logística inversa como indica la **Tabla 1.1**.

Algunas de estas actividades tienen connotaciones puramente ecológicas, como la recuperación y el reciclaje de los productos, evitando así un deterioro del medio ambiente. Otras buscan mejoras y mayores beneficios en los procesos productivos y de abastecimiento de los mercados. Así procesos de retorno de excesos de inventario, devoluciones de clientes, productos obsoletos, inventarios estacionales, etc. y actividades de retirada, clasificación, reacondicionamiento y reenvío al punto de venta o a otros mercados secundarios, además de la gestión de los residuos son algunas de las actividades que pueden enmarcarse dentro de la logística inversa (**Conde Hernández, Serrano Mansfarroll, Santos Norton, 2007**).

La globalización en el mercado de las telecomunicaciones obliga de manera continua a las empresas que se desenvuelven en el mismo a manejar el cambio como elemental en sus sistemas, procesos, productos y/o servicios, avances de la informática y la electrónica. Las empresas se adaptan para el ofrecimiento de más y mejores servicios en

busca de la satisfacción de sus clientes, generándose en determinados momentos recursos en desusos que requieren de una adecuada gestión.

**Tabla 1.1:** Actividades de la logística inversa

| Material          | Actividades de la logística inversa  |
|-------------------|--|
| Productos         | Devolución al proveedor<br>Reventa<br>Salvamento<br>Reacondicionamiento<br>Restauración<br>Reprocesamiento<br>Salvamento de los materiales<br>Reciclaje<br>Vertedero |
| Envase y embalaje | Reutilización<br>Restauración<br>Salvamento de los materiales<br>Reciclaje<br>Salvamento   |

**Fuente:** Rogers y Tibben- Lembke (1998)

Es por ello que las empresas de telecomunicaciones precisan de herramientas ágiles y eficaces que permitan llevar a cabo una adecuada gestión de esos recursos y actividades relacionadas con vistas a conseguir niveles adecuados de eficiencia y eficacia en su gestión así como de servicio al cliente. Estas herramientas pueden encontrarse e forma de procedimientos; por ello en el epígrafe siguiente se muestra un resumen de lo revisado en la literatura consultada.

**1.7. Procedimientos para el diseño y la gestión de la logística inversa**

En la **tabla 1.2** se muestran un resumen de los criterios y etapas consideradas por diferentes autores en la concepción de un modelo general o procedimiento de la logística inversa, la mayoría de estos procedimientos poseen de cinco a siete etapas. Fundamentalmente la primera etapa está dirigida a la realización de un diagnóstico, identificación de problemas que posteriormente permitirá el análisis de las causas y en este sentido proyectar de mejora.

Es importante destacar en caso de Kepner & Tregocinc y Knudsen González la presencia de una etapa de planificación lo que permite planificar las acciones pertinentes y que luego son evaluadas y controladas (en la mayoría se contemplan una etapa de control) pues la planificación y el control son funciones estrechamente vinculadas dado que la base del control está íntimamente relacionada con la existencia de los planes.

Pero para controlar se requiere recopilar los datos necesarios mediante la medición y luego la comparación de los mismos con los resultado deseados por lo que se debe destacar la importancia de un sistema de logística inversa (como es el caso de Roger & Tibben-Lembke, 2003).

Partiendo de todo lo anterior en el caso de Knudsen González y Urquiaga Rodríguez con Hevia Lanier plantean además de las etapas de diagnóstico, diseño y control la definición de estrategias en función de los recursos a los cuales se gestiona su retorno y que constituyen guías de acción. En este aspecto se debe destacar en el caso de **Hevia Lanier & Urquiaga Rodríguez, (1996)** la presencia de una etapa de clasificación pues permite identificar la estrategia a seguir en cada caso y por tanto el tratamiento o destino que se deba llevar a cabo.

En tal sentido todas estas etapas son pertinentes al objeto de estudio práctico de esta investigación por lo que serán tomados como referencia para el diseño y gestión de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones en la DTVC de ETECSA.

### **1.8. Situación actual de la logística inversa en empresas de telecomunicaciones en el mundo**

La logística inversa también es utilizada en empresas de las telecomunicaciones en todo el mundo, la misma ha adquirido un papel protagónico, tal afirmación se evidencia en la recopilación de información relacionada al tema de la investigación en diferentes países, que a continuación se dará a conocer.

Telefónica Móviles España, cuenta con un Sistema de Gestión de residuos que permite la identificación y retirada de residuos procedentes, tanto de la construcción e instalación de estaciones base como de los edificios de la compañía, cumpliendo en todo momento con la legislación vigente. Para facilitar esta actividad, dispone de contenedores en edificios de la compañía y en tiendas propias, para gestionar los residuos urbanos / municipales (papel y cartón), y los peligrosos, como pilas, baterías de teléfonos móviles y fluorescentes.

**Tabla 1.2:** Etapas para un Modelo General de Logística Reversa para la gestión de los recursos reutilizados y recuperables

| Autor                                   | 1                          | 2                               | 3   | 4  | 5   | 6                               | 7                     |
|---|----------------------------|---------------------------------|---|--|---|---------------------------------|-----------------------|
| Matos (1998)                            | Recopilación de datos base | Análisis de la situación actual | Auditoria diagnóstica y                     | Estudio de alternativas                  | Selección de alternativas                   | Implantación y puesta en marcha | Seguimiento y control |
| Roger & Ronald Tibben-Lembke (2003)     | Filtro de Entrada          | Tiempo de Decisión              | Sistema de Información de Logística reversa | Política cero (CRC)                      | Remanufacturaación, Restauración, Reciclaje | Negociación y Financiamiento    | Externalización       |
| Arnulfo García (2004)                   | Evaluación                 | Reducción de Materiales         | Reducción de retornos                       | Colecta                                  | Clasificación                               | Colocación                      | Medición y Control    |
| Kepner & TregocInc                      | Identificar problemas      | Identificar causas              | Tomar las acciones                          | Planificación                            | Establecimiento                             |                                 |                       |
| Knudsen González (2005)                 | Diseño Preliminar          | Diseño detallado                | Planificación                               | Funcionamiento                           | Evaluación                                  | Control                         |                       |
| Hevia Lanier & Urquiaga Rodríguez(1996) | Diagnóstico                | Fuentes de generación           | Clasificación de los residuos               | Identificación de la estrategia a seguir | Determinación del tratamiento o destino     | Transporte y Almacenamiento     | Medición y Control    |

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Hevia Lanier y Urquiaga Rodríguez, (1996)

En los distintos países de América Latina, las operadoras del Grupo Telefónica progresan en la gestión de los residuos, de acuerdo a lo establecido en la Normativa de Requisitos Mínimos Medioambientales en el Grupo Telefónica. La gestión de los residuos, en la medida de lo posible, se hace con empresas autorizadas, que son controladas por reglamentos de leyes públicas, disponiendo paulatinamente de los certificados que garantizan que las empresas cumplen con los requerimientos legales.

En Argentina, Telefónica Móviles entrega las baterías de terminales a un proveedor que se encarga de la disposición final de las mismas. Los accesorios y terminales se venden a un proveedor autorizado para tratar residuos electrónicos, que a su vez exporta los materiales reciclados y recuperados. Existen dos programas asociados a la gestión de residuos:

- Programa de Recolección y Reciclado de Baterías. Se han recogido para reciclar 18420,22 Kg. de accesorios y 18531 de equipos.
- Gestión de Residuos Electrónicos

Se puede demostrar que en muchos países a este tema se le ha dado vital importancia, por lo que en Chile, los equipos celulares (sin considerar las baterías y cargadores), junto a los equipos electrónicos de la operación de redes se entregan a una empresa de reducción de residuos electrónicos. Los residuos peligrosos, como las baterías y cargadores, se entregan a un proveedor autorizado, que procede a tratarlos de manera que no afecten al medio ambiente.

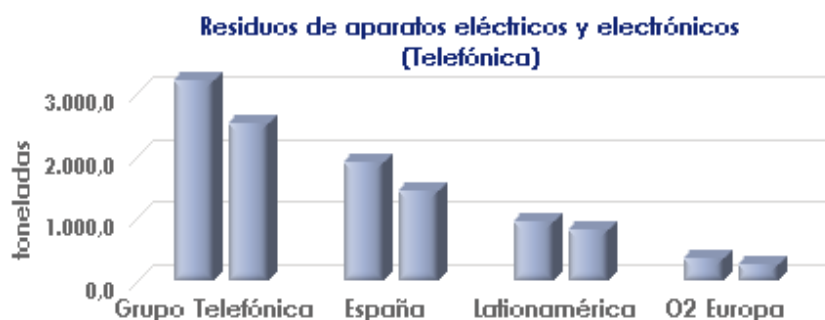
También en México, el área responsable del control de residuos gestiona los mismos a través de proveedores autorizados, tal y como se indica en el sistema de gestión ambiental.

Además Ecuador cuenta con un instructivo de manejo de residuos a proveedores y contratista estipulado dentro de las cláusulas generales de los contratos de compras, de esta manera la compañía cumple con las políticas de prevención de contaminación y reducción de los impactos ambientales y las normativas establecidas por las autoridades ambientales. Se solicita a todos los proveedores que generen residuos de sus actividades, la entrega de evidencias y/o certificados que acrediten la eliminación adecuada de residuos, incluido el sitio donde se depositan, procesan y/o eliminan.

A modo de resumen se puede decir que al aplicar la logística inversa en este sector de las telecomunicaciones se han obtenido importantes logros con respecto a los residuos. En el **gráfico 1.1**, se observa que ha habido una disminución en la cantidad de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) generados por la compañía respecto a 2007,

gracias a la reducción que ha tenido lugar a su vez en cada una de las tres regiones en las que opera Telefónica. De esta forma, la reducción global en la cantidad de RAEE respecto al año anterior, es de un 22% aproximadamente. En este sentido, también hay que hacer mención especial a la reutilización de equipos de telecomunicación, práctica habitual en la Compañía desde hace años.

**Gráfico 1.1:** Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos



**Fuente:** Archivo de Telefónica Móvil España (2007)

De esta forma, se envían los equipos a talleres para su reparación y posterior utilización, consiguiendo beneficios ambientales en dos vertientes; no sólo por la reducción considerable de volumen de residuos generados, sino porque además, se reciclan y aprovechan los equipos y materiales. Con esta práctica, se han reutilizado en 2008 casi un millón y medio de equipos (contabilizado en unidades). Siendo los RAEE los residuos más significativos, también se generan otro tipo de residuos, como cables y otros residuos procedentes de las infraestructuras, y los residuos de baterías, estos últimos dentro de la tipología de residuos peligrosos. Ambos se representan en los **gráficos 1.2 y 1.3**.

En 2008, se han generado 37.200 toneladas de residuos de planta (incluye residuos de cables y otros residuos de planta, entendiendo por estos últimos los generados en la construcción y desinstalación de infraestructuras de telecomunicación, otros residuos inertes, etcétera).

**Gráfico 1.2:** Residuos de planta



**Fuente:** Archivo de Telefónica Móvil España (2007)

**Gráfico 1.3:** Residuos de baterías

**Fuente:** Archivo de Telefónica Móvil España (2007)

Así mismo, se han generado durante 2008 aproximadamente 1.500 toneladas de residuos de baterías. Es visible la notable reducción, casi a la mitad respecto a 2007, debido fundamentalmente al hecho de que en el año 2006 se realizaron varias campañas de recogida de baterías en la red.

Por último, es importante destacar las campañas de concienciación y sensibilización para empleados que se realizan en las empresas del Grupo Telefónica, muchas de ellas con foco en la gestión de residuos, con el doble objetivo de destacar la importancia que tiene hacer una correcta separación de residuos para su posterior tratamiento y aprovechamiento de recursos y materias primas.

Como se ha mencionado anteriormente la logística inversa además de emplearse en empresas de telecomunicaciones de todo el mundo también es muy utilizada en empresas cubanas y fundamentalmente en ETECSA, por lo que se realiza este estudio en una empresa de este tipo para demostrar la importancia del tema, específicamente en la Dirección Territorial de ETECSA en Villa Clara.

### **1.9. Situación de la logística inversa de recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones en la Dirección Territorial de ETECSA en Villa Clara**

La Empresa de Telecomunicaciones de Cuba ETECSA surge como empresa mixta en agosto del año 1994 como parte de un amplio proyecto de reanimación económica llevado a cabo por el estado cubano. Esta entidad es la encargada de la prestación de los servicios públicos de las telecomunicaciones mediante la operación, instalación, explotación y comercialización de las redes públicas de telecomunicaciones en el territorio nacional. Cumpliendo estos objetivos la empresa se ha planteado un programa a mediano plazo que incluye triplicar la densidad telefónica existente, esto ha obligado a realizar grandes planes en el proceso inversionista para garantizar la modernización y expansión de los servicios de telecomunicaciones. En el caso específico de ETECSA en Villa Clara la introducción de estos cambios tecnológicos han ocasionado que el tema de la logística inversa se vuelva una necesidad de primer orden a partir de la gran cantidad de residuos

que generan estas líneas en desuso a las que se les debe dar el tratamiento adecuado sin afectar el medio ambiente ni los procesos económicos establecidos por la empresa. A nivel de dirección territorial en este proceso participan de forma directa los centros de telecomunicaciones pues es en estos lugares donde se generan las mayores fuentes de recursos que se desmontan, a modo de ejemplo se pueden citar algunos productos tales como, postes telefónicos, cables soterrados y aéreos, tensores, alambre sprinter, herrajes de planta exterior, teléfonos residenciales, entre otros. Se debe señalar que en este proceso participan como entes coordinadores de las recogidas y la definición del destino final de estos recursos dos departamentos de la DTVC, el Departamento de Operaciones de la RED, representado en sus fuerzas operativas de brigadas de líneas y reparadores a nivel de centro de telecomunicaciones y el Departamento de Logística y Servicios, representado por el grupo logístico, el primero se encarga de las actividades de desmonte, definición de las categorías de los recursos (reutilizables y no reutilizables) y en muchas ocasiones del traslado hacia las instalaciones de almacenamiento del centro de telecomunicaciones o el almacén central de la dirección. El grupo logístico por su parte se ocupa del almacenamiento temporal de los productos, así como de la comercialización de aquellos que por sus características técnicas, no pueden ser incorporados a las redes ya existentes, en el caso de la comercialización hasta el momento todo lo que se desmonta y su categoría es no reutilizable, es entregado a la Empresa de Recuperación de Materias Primas a partir de un contrato, marco establecido ETECSA - Empresa Nacional de Recuperación de Materias Primas, donde se regulan los aspectos económicos, legales y comercializables de cada uno de los grupos de productos. En este tema se debe señalar que una de las dificultades que presenta ETECSA en Villa Clara es la no definición de una estrategia fiable de entrega, ya que aunque existe un plan de recogida este no se cumple en la mayoría de los casos, esto ha traído consigo que en estos momentos no se conoce con exactitud en la empresa el monto que se debe ingresar por concepto de ventas de recursos no reutilizables. Otro aspecto de manera interno a la empresa y que está incidiendo en la gestión de este proceso, es la falta de procedimientos de trabajo que regulen cada una de las actividades que se llevan a cabo como resultado del desmonte de recursos, pues aunque existen determinadas regulaciones, cartas circulares e intenciones de procedimientos, la mayoría no contienen la visión integradora de lo que debe existir para una gestión eficiente de la logística inversa en toda su extensión, de aquí la necesidad de realizar investigaciones que sean

pertinentes y que con un carácter metodológico puedan ayudar a la organización a obtener mayores niveles de gestión de este importante proceso.

#### **1.10. Conclusiones Parciales**

1. La logística inversa constituye vital importancia porque no considera solo la logística en el retorno del producto, sino que también se refiere a la reducción en origen, el reciclado, la reutilización de materiales, la sustitución de materiales, la reparación, la eliminación de residuos y desperdicios y con ello la protección del medio ambiente.
2. En la literatura científica consultada existen precedentes de investigaciones relacionadas con el diseño y gestión de la logística inversa pero su implementación para el caso de productos desmontados de las redes de telecomunicaciones en Cuba no se tienen referencias.
3. Los cambios en el sector de las telecomunicaciones a nivel de país exigen la gestión de manera más eficiente de los recursos que son retirados de las redes de telecomunicaciones por cambios de tecnología en un mercado tan dinámico como el que operan.



# *Capítulo II*

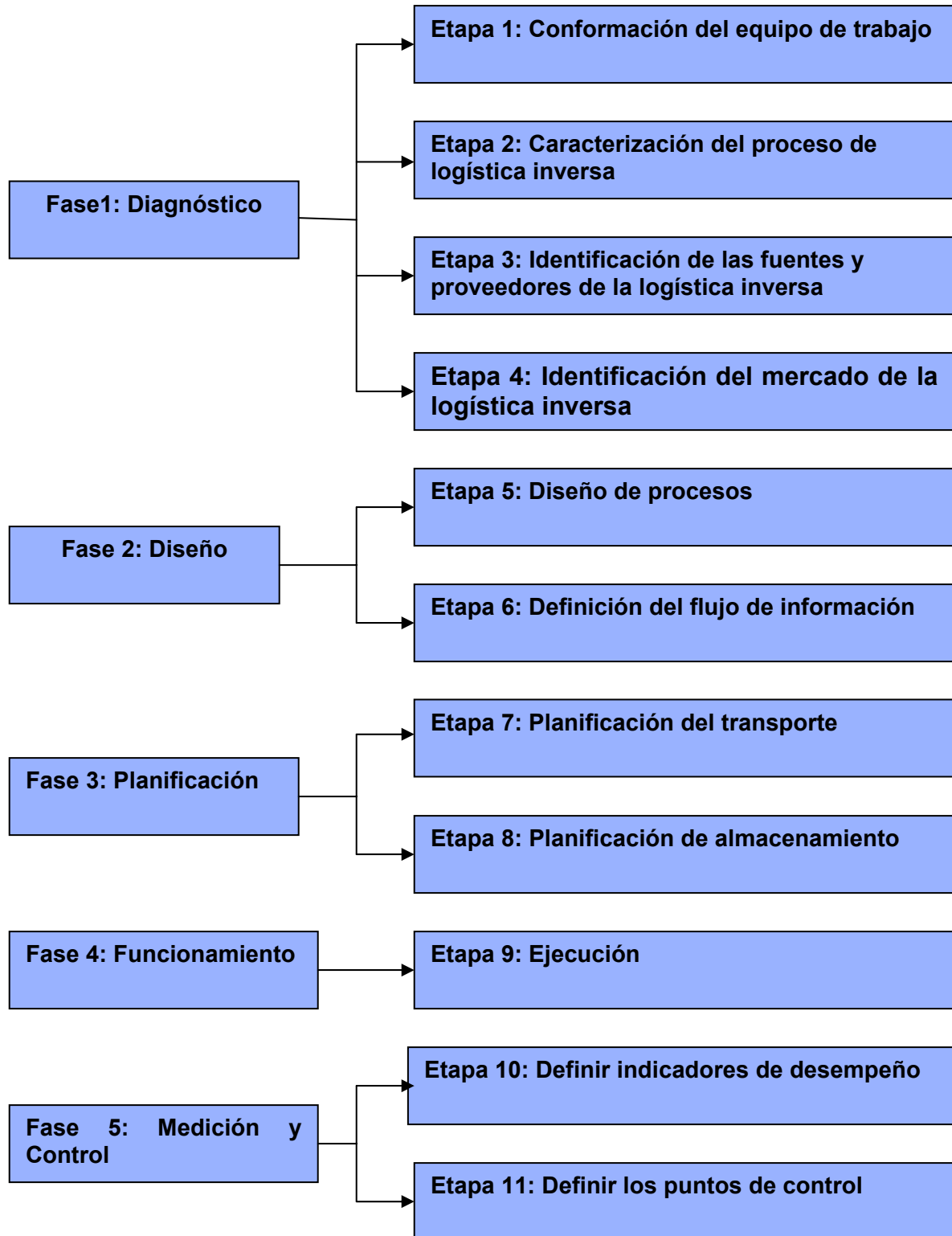
## Capítulo 2. Procedimiento para el diseño y gestión de la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones de la DTVC

### 2.1 Introducción

Al realizar el estudio de la teoría relacionada al tema de esta investigación se evidencia la necesidad de aportar soluciones al problema científico que la originó. Para efectos de esta investigación se hace necesario mencionar el procedimiento realizado por las autoras Hevia Lanier y Urquiaga Rodríguez además del modelo y procedimiento propuesto por Knudsen González [2005], en el cual el autor propone el diseño y gestión de la cadena de suministro de los residuos agroindustriales de la caña de azúcar. De ambos procedimientos se utilizó la filosofía de las etapas abordadas para la elaboración de un procedimiento para el diseño y la gestión de la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones en la Dirección Territorial de ETECSA en Villa Clara y con el mismo darle cumplimiento a los objetivos de la investigación.

### 2.2 Fundamentación del procedimiento general

El procedimiento se ha estructurado en **once etapas** agrupadas en **cinco fases**, cada una de las cuales incluye diferentes aspectos tal y como se muestra en la **figura 2.1**. El procedimiento se inicia con la fase de **diagnóstico** el mismo contiene cuatro etapas las cuales son: la conformación del equipo de trabajo, la caracterización del proceso inverso en la entidad objeto de estudio, la identificación de fuentes y proveedores de la logística inversa, así como la identificación del mercado de los recursos que se desmontan de las redes de telecomunicaciones. La segunda fase abarca el **diseño**, el cual contiene tres etapas, en la primera etapa se diseñan los procesos teniendo en cuenta la caracterización de las actividades involucradas, se incluye además la etapa de definición del flujo informativo. La tercera fase está relacionada con la **planificación**, esta fase se encuentra fundamentalmente en la determinación de las necesidades de transportación y de almacenamiento en función de la demanda de recursos materiales que se genera a partir de los materiales que son retirados de las redes telefónicas. La cuarta fase contiene el **funcionamiento**, esta fase está dirigida fundamentalmente a la identificación de las actividades a desarrollar en función de la ejecución efectiva del sistema propuesto. Por último se lleva a cabo la fase de **medición y control** donde se definen los puntos de control del proceso y los indicadores de desempeño.



**Figura 2.1:** Procedimiento para el diseño y gestión de la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones de la DTVC

**Fuente:** Elaboración propia

### **2.3. Planteamiento del procedimiento para el diseño y gestión de la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones de ETECSA en Villa Clara**

El procedimiento propuesto para el diseño y gestión de la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones en la Dirección Territorial de ETECSA Villa Clara se muestra en la **figura 2.1**. A continuación se explican detalladamente los elementos a tener en cuenta para su ejecución.

#### **Fase 1: Diagnóstico**

##### **Etapas 1: Conformación del equipo de trabajo**

Esta etapa comprende la formación de un equipo de trabajo interdisciplinario que serán los encargados de recopilar o dar toda la información necesaria, así como de identificar, organizar, tabular, evaluar, decidir, conformar, enseñar, procesar la información, realizar los análisis necesarios, en fin, de aplicar el procedimiento que se propone a través de las fases, etapas y pasos que conforman al mismo. Debe estar compuesto por directivos tanto del nivel superior de la organización como del área implicada, y su composición no debe cambiar durante el proyecto. El éxito del estudio depende de la participación continuada y comprometida de estos durante el desarrollo de todo el proyecto.

Los miembros del equipo deben poseer conocimientos sobre herramientas estratégicas, comprender y conocer el concepto de la logística inversa su filosofía y métodos; enfoque de procesos, sistemas y herramientas de gestión de la cadena de suministro; técnicas de trabajo en grupo, etc. De ser necesario además, se debe contar con la presencia de algún experto externo que brinde ayuda con la información más actualizada de estos temas y con la capacitación del personal interno involucrado.

##### **Etapas 2: Caracterización del proceso de logística inversa en la entidad objeto de estudio**

Para facilitar el trabajo en las etapas posteriores se hace necesaria la caracterización del proceso inverso definiendo el alcance que tendrá el mismo así como sus proveedores y clientes, todas las actividades que lo componen, su objetivo general, los flujos de información y de materiales, así como el personal que participa en la ejecución del proceso. En esta etapa también se identifican los problemas que afectan el proceso y servirán como base para el desarrollo de las etapas siguientes del procedimiento.

##### **Etapas 3: Identificación de fuentes y proveedores de la logística inversa**

En esta etapa se registran las fuentes de logística inversa, estas fuentes se relacionan con los recursos que se retiran de la técnica instalada a raíz de nuevas inversiones así

como los que son recogidos por las operaciones de mantenimiento correctivo y preventivo que son ejecutadas de manera cotidiana en la dirección territorial. Esta etapa incluye además la identificación de los proveedores de estos recursos a partir de los diferentes niveles que tiene la empresa definidos en su estructura funcional, estos proveedores corresponden a lugares físicos o procesos de servicios generadores de las fuentes antes mencionadas.

#### **Etapa 4: Identificación del mercado de la logística inversa**

En esta etapa se definen cuáles son los mercados potenciales o interesados en los recursos que se desmontan de las redes de telecomunicaciones. Estos mercados son aquellas entidades estatales interesadas en lo que no es posible reutilizar por la propia empresa, esta etapa prevé el establecimiento de relaciones contractuales para llevar a cabo el proceso de comercialización.

#### **Fase 2: Diseño**

Esta fase contiene tres etapas, en la primera etapa se diseñan los procesos teniendo en cuenta la caracterización de las actividades involucradas, la definición y representación de los procesos, así como se determinan las responsabilidades de cada uno de los actores presentes en el proceso de logística inversa, se incluye además la identificación del flujo informativo.

#### **Etapa 5: Diseño de procesos**

En esta etapa se determinan las actividades del proceso de logística inversa, se define su misión y se caracterizan las operaciones que se realizan en dicho proceso. En tal sentido los procesos asociados al desmonte de los elementos de las redes de telecomunicaciones se pueden observar en la **tabla 2.1**. Los procesos logísticos más comunes que se suceden en la misma son: transporte, manipulación y almacenamiento. Para una mejor comprensión, en la **figura 2.2** se representa los lugares dentro de la red logística donde ocurren estos procesos. Para representar a nivel de detalle dichos procesos se utilizarán herramientas como diagramas de hilo, de flujo y de actividades reflejando en cada uno de los casos las entradas y salidas correspondientes.

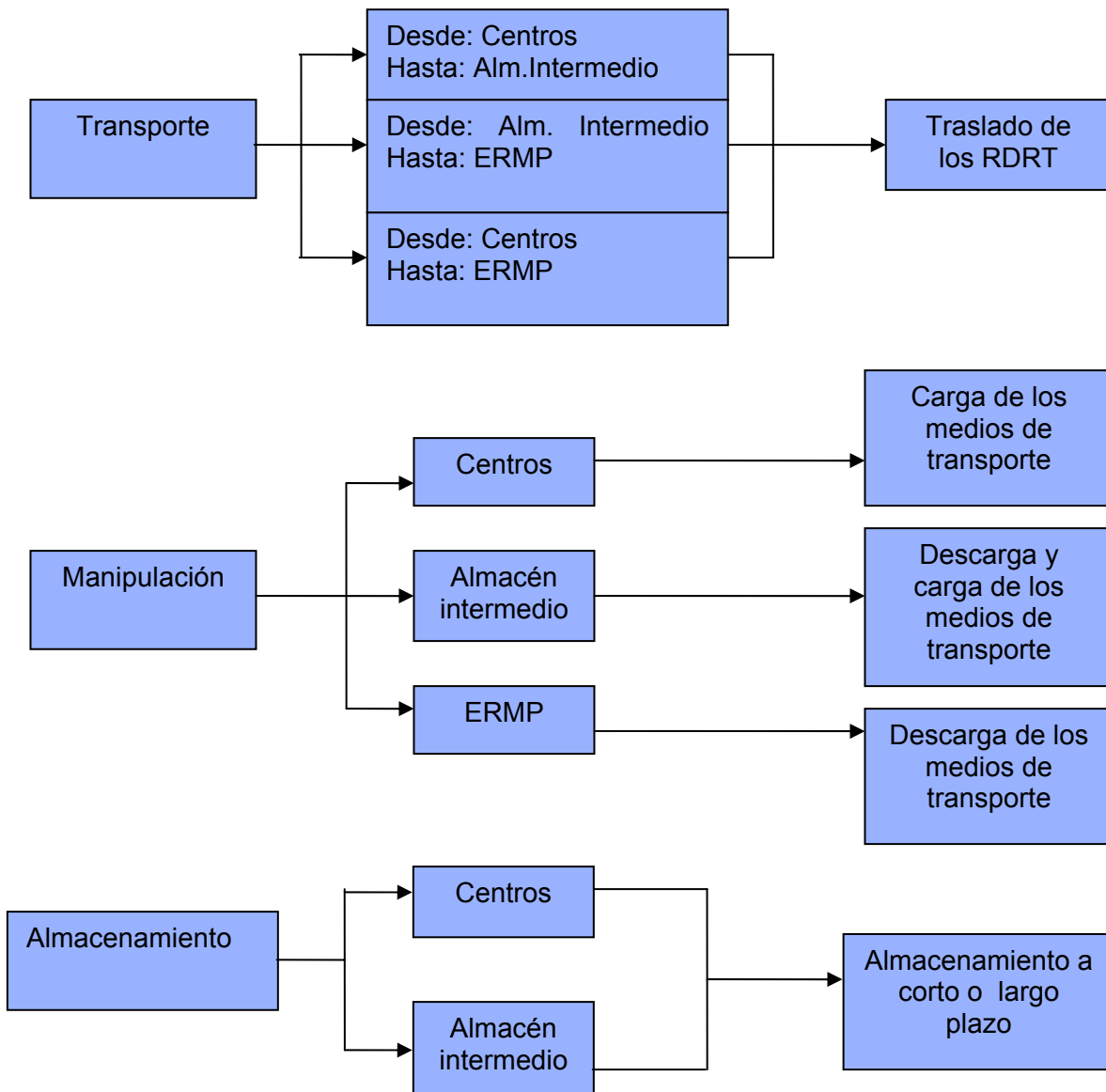
#### **Etapa 6: Definición del flujo de información**

En este paso se utilizarán diagramas de flujo donde se refleja toda la información requerida para llevar a cabo el proceso inverso identificando además los responsables de elaborar y transmitir dicha información a través de todo el sistema.

**Tabla 2.1:** Principales procesos, misiones, operaciones y responsables presentes en la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones

| Procesos                     | Misión  | Operación  | Responsable  |
|------------------------------|---|--|--|
| Desmante de elementos de Red | Desmontar los elementos de red eliminando la contaminación entre los mismos.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Corte de elementos</li> <li>- Eliminación de accesorios</li> <li>- Limpieza</li> <li>- Despiece</li> </ul>    | Jefes de centros de telecomunicaciones<br>Jefe de departamento de operaciones de la RED                    |
| Clasificación y Agrupación   | Determinar cuales de los elementos están en condición o no de ser reutilizados.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Agrupación de acuerdo según motivo de consumo.</li> <li>-Medición con instrumentos especializados.</li> </ul> | Jefes de centros de telecomunicaciones<br>Jefe de departamento de operaciones de la RED                    |
| Transporte                   | Estibar y trasladar los elementos de red en los vehículos especializados minimizando el consumo de combustible, el tiempo y los costos. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estiba de los elementos de red.</li> <li>- Desestiba de los medios de transporte.</li> </ul>                  | Grupo Logística  |
| Almacenamiento               | Garantizar las condiciones de conservación de los recursos que se reutilizan  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conservación de los elementos de red.</li> <li>- Control de inventario.</li> </ul>                            | Grupo Logística  |
| Recuperación                 | Garantizar la utilización del recurso recuperado  | Reingreso al servicio.   | Jefes de centros de telecomunicaciones<br>Jefe de departamento de operaciones de la RED<br>Grupo Logística |
| Eliminación                  | Determinar el destino final de los residuos   | Comercialización del residuo<br>Incineración   | Grupo logística  |

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 2.2:** Principales procesos logísticos, lugares y actividades que se desarrollan en el proceso de logística inversa de los recursos desmontados de las redes telecomunicaciones (RDRT)

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Knudsen González (2005)

**Fase 3: Planificación**

Esta etapa del procedimiento, prevé la aplicación de técnicas de gestión logística para lograr una planificación integrada de todo el proceso de logística inversa. Según **Tompking [2000]** la técnica de gestión logística que se seleccione debe lograr conjugar todos los componentes de la planificación donde se utilizan algunas técnicas que son:

- La planificación del transporte
- La planificación del almacenamiento
- La planificación del inventario

En tal sentido y dadas las características del objeto de estudio práctico se abordarán los dos primeros componentes de la planificación referidos anteriormente.

### **Etapas 7: Planificación del transporte**

En esta etapa es de vital importancia determinar las rutas de recogida, frecuencia de recogida, condiciones de transportación, medios y responsables, además determinar la alternativa más económicas teniendo en cuenta los costos asociados a dicha gestión.

La frecuencia de recogida depende del tipo de recurso desmontado de las redes de telecomunicaciones y de la magnitud de generación de la entidad, los horarios son establecidos a conveniencia y por acuerdo de los centros involucrados, pero siempre sin interferir en el funcionamiento de la entidad con los equipos y personal especializados.

En este sentido, resultará determinante la posibilidad de generar uniones entre la red de distribución directa (productor-consumidor) y la red inversa (consumidor-productor), así como desarrollar sistemas que motiven e incentiven a los “proveedores” de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones (los consumidores) a participar en los sistemas de recuperación, de manera que los volúmenes recogidos sean elevados y generen eficiencias en el proceso de logística inversa.

En resumen, la planificación de la logística inversa al igual que la planificación de la cadena de suministro es prever la ubicación de los pedidos completos en el lugar correcto y en el momento oportuno al menor costo posible, y debe responder a las interrogantes aportadas por **Knudsen González [1997; 1999 |a]; 1999 |b] y 2005]**. Estas son:

- ¿Que transportar?
- ¿Cuánto transportar?
- ¿Desde dónde transportarlo?
- ¿Hacia dónde transportarlo?
- ¿Cómo transportarlo?

### Selección del modo de transporte

El **diseño del sistema de transporte** incluye: la selección del modo y medio de transporte. Tomando lo aportado por **Knudsen González [1997, 1999, 2005]** en cuanto a la selección de técnicas cuantitativas para enfrentar la gestión eficiente del transporte, y considerando la necesidad de conocer la cantidad de productos a transportar según su tipo, el medio de transporte a utilizar, el origen de la transportaciones (proveedores

iniciales) se selecciona como técnica a emplear la Programación Lineal. La misma permite optimizar la transportación a partir de un factor que se introduce en la función objetivo, que en este caso se recomienda el costo o precio de la transportación, el cual es valorado con un comportamiento lineal en el tiempo ya que se determina a partir del tiempo promedio de transportación desde cada uno de los posibles proveedores y para cada tipo de medio de transporte posible. Las generalidades del modelo de programación lineal para los productos utilizados en el servicio de telecomunicaciones se muestran en el **cuadro 2.1**. Las variables utilizadas son disponibilidad de productos y costo o precio de la transportación.

Medios de transporte

En esta etapa se determinará además la cantidad de viajes que se deben realizar por cada tipo de transporte para el traslado de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones pues este aspecto es muy importante a la hora de introducir los datos en el software WinQSB. Para ello se emplea el procedimiento mostrado en el **Anexo 2**.

Algunos elementos a utilizar para la determinación de los viajes que debe realizar cada tipo de transporte son los siguientes:

1. Principales parámetros de los medios

Capacidad de carga estática (*qest*): Carga máxima que admite el medio de transporte, atendiendo al peso, en toneladas.

Capacidad volumétrica del medio (*CW*): Volumen máximo que es capaz de cargar el medio de transporte, en metros cúbicos.

Capacidad volumétrica específica (*cw*): Son los metros cúbicos de volumen que admite el medio de transporte por tonelada de carga, en m<sup>3</sup>/ t. Se calcula mediante la fórmula.

$$cw = \frac{CW}{qe} \tag{2.1}$$

2. Principales parámetros de la carga.

Cantidad de carga a transportar (*Q*).

Volumen a transportar (*U*).

Volumen de obstrucción (*Uo*).

a. Para unidades de carga.

$$Uo = \frac{vc}{Pb} * km \tag{2.2}$$

Donde:

**Vc**: volumen de la unidad de carga, en m<sup>3</sup> / unidad.

**Cuadro 2.1:** Planteamiento del modelo general de programación lineal para la selección de medios de transporte para la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones

**Variables de decisión:**  
 $X_{ij}$ : Cantidad de toneladas del producto “i” a transportar con el medio de transporte “j” en el mes,  $i=1,\dots, 3 \quad j=1,\dots,2$   
 $Y_j$ : Camión (es) del tipo “j” con carga, al mes.

| Subíndice | Significado                 |
|-----------|-----------------------------|
| i         | Tipo de producto            |
| j         | Tipo de medio de transporte |

**Restricciones:**

a) Demanda de los recursos de la logística inversa

$$\sum_{j=1}^s X_{ij} = DE_i \quad \text{Para cada } i$$

b) Capacidad de carga en toneladas de los medios de transporte.

$$\sum_{i=1}^r X_{ij} \leq Cc_j \quad \text{Para cada } j$$

d) Capacidad de carga en m<sup>3</sup> de los medios de transporte

$$\sum_{i=1}^r \rho_i X_{ij} \leq Ca_j \quad \text{Para cada } j$$

e) Disponibilidad de los medios de transporte.

$$\sum_{j=1}^s Y_j \leq 2$$

f) Selección de medios de transporte con carga.

$$\sum_{i=1}^r X_{ij} - (Cc_j Y_j) \leq 0 \quad \text{Para cada } j$$

**Condiciones:**

Variable continua  $X_{ij} \geq 0$

Variable binaria  $Y_j = \text{binaria}$

**Función objetivo**  $\text{MIN } Z = \sum_{j=1}^s C_j Y_j$

**Leyenda:**  
 $DE_i$ : Demanda del producto “i” por parte del cliente final.  
 $Cc_j$ : Capacidad de carga en toneladas del medio de transporte “j”  
 $Ca_j$ : Capacidad en m<sup>3</sup> del medio de transporte “j”  
 $\rho_i$ : Constante de conversión de m<sup>3</sup>/t para cada producto “i”  
 $C_j$ : Costo por medio de transporte “j” desde el proveedor principal hasta el proveedor inicial y de regreso.

Fuente: Elaboración propia a partir de Feitó Madrigal (2007)

**Pb:** peso bruto de la unidad de carga, en t /unidad.

**Km.:** coeficiente de aprovechamiento del volumen útil del espacio de carga.

Si Km. = 1, significa que se utiliza todo el espacio de carga.

b. Para estimados:

$$Uo = \frac{U}{Q} \quad [2.3]$$

Si:

**Uo = Cw:** La carga ocupa todo el volumen y el medio de transporte se aprovecha al máximo.

**Uo > Cw:** Falta volumen, o sea, carga ligera, refiriéndose a cargas que ocupan mucho volumen pero que tienen poco peso.

**Uo < Cw:** Sobra volumen, o sea, carga pesada, refiriéndose a cargas que ocupan poco volumen pero que tienen mucho peso.

Luego se calcula el número de viajes

$$Nv = \frac{Q}{Qw} \quad [2.4]$$

Además se necesita conocer los costos o gastos asociados de cada tipo de transporte para obtener mediante el modelo de programación lineal cuál es la alternativa más óptima, o sea con cuál se obtienen menos gastos o costos por transportación. Estos gastos se obtienen a partir de las fórmulas siguientes:

$$Ct = Gvar + GF \quad [2.5]$$

Donde:

Ct: Costo de transportación

Gvar: Gasto variable

GF: Gasto Fijo

#### GASTOS VARIABLES

$$Gvar = Gc + GM + Gl + Gmtto + Gd \text{ y rep } n + Ge \quad [2.6]$$

$$Gc = \sum Pc * gc * l \quad [2.7]$$

Donde:

Gc: Gasto de combustible

Pc: Precio del combustible

gc: Norma de consumo del combustible por equipo

l: Distancia recorrida total por el equipo

$$GM = \sum P_m + G_m \quad [2.8]$$

Donde:

GM: Gasto de material

P<sub>m</sub>: Precio del material

G<sub>m</sub>: Norma de consumo del material

$$GI = \sum PI * GI \quad [2.9]$$

GI: Gasto de lubricante

GI<sub>k</sub>: Norma de consumo del material

PI: Precio del lubricante

G<sub>d</sub> y rep n: Desgaste y reparación de neumáticos

G<sub>e</sub>: Gasto de energía

### GASTOS FIJOS

$$GF = G_{Amort} + G_{sa} + Ass + Otros \quad [2.10]$$

$$G_{sa} = \sum So * No \quad [2.11]$$

Donde:

G<sub>Amort</sub>: Gasto de amortización

So: Salario básico del operario

Ass: Aporte a seguridad social. Se toma el 12% del salario básico

Otros: Incluye gastos administrativos y de taller

### Rutas de recogidas

Para el proceso de identificación o búsqueda de posibles rutas de transportación para la recogida de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones se puede aplicar el Método del Barrido, ya que la naturaleza de su procedimiento resulta muy práctica, dado que obedece al sentido lógico que requiere un análisis de rutas. También se puede aplicar el Método del Agente Viajero, este es un método muy conocido y utilizado para definir rutas de distribución que a diferencia del Método del Barrido considera las distancias entre los diferentes puntos a distribuir, estableciendo secuencias de recorrido.

## **Etapas 8: Planificación del almacenamiento**

### Determinación de las capacidades de almacenamiento

Las necesidades de almacenamiento están referidas a la cantidad de recursos que se desmontan de las redes de telecomunicaciones. En este aspecto los datos relacionados con las frecuencias con que arriban esos recursos se asumirán como datos de entrada para este estudio. El problema fundamental que pudiera restringir el espacio de

almacenamiento de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones, está dado porque en el mismo almacén donde se colocarán estos recursos deben almacenarse otros productos. A este aspecto se le propone dar solución mediante la aplicación de modelos de artículos múltiples con restricciones de recursos para demandas independientes, basado en los extremos condicionados de Lagrange. El modelo se desglosa en los pasos siguientes:

1) Verificar la condición de espacio, mediante la siguiente expresión

$$\sum_{i=1}^n C_i * Q_i \leq C \quad [2.12]$$

Donde:

C<sub>i</sub>: Espacio que ocupa o de carga del producto i en el almacén

C: Espacio total disponible en el almacén para el almacenamiento

En caso de no cumplirse proceder al paso 2.

2) Determinar a través de la expresión 2.13 la cantidad que se pretende almacenar mediante la expresión de la cantidad económica del pedido (EOQ).

$$Q_i = \sqrt{\frac{2 * A_i * D_i}{H_i}} \quad [2.13]$$

Donde:

A<sub>i</sub>: Costo de Ordenar los productos i

D<sub>i</sub>: Demanda de los productos i

H<sub>i</sub>: Costo anual de mantener el inventario de los productos i i: 1, 2, 3,..., n productos

3) En caso de que las cantidades del EOQ no satisfagan la inequación anterior se propone entonces la ecuación de costo con el multiplicador de Lagrange.

$$K(Q, \lambda) = \sum_{i=1}^n \left( C_i * D_i + \frac{A_i * D_i}{Q_i} + \frac{H_i * Q_i}{2} \right) + \lambda \left( \sum_{i=1}^n C_i * Q_i - C \right) \quad [2.14]$$

4) Hallar las derivadas parciales.

|   |        |
|---|--------|
| $\frac{\partial K(Q, \lambda)}{\partial Q_i}$     | [2.15] |
| $\frac{\partial K(Q, \lambda)}{\partial \lambda}$ | [2.16] |

5) Resolver el sistema de ecuaciones formado en el paso anterior para finalmente determinar las cantidades de cada producto.

A los efectos de esta investigación la cantidad que interesa es la de los recursos desmontados. En el área de almacenamiento resulta necesario determinar la forma y el método de almacenamiento de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones, para esto es necesario calcular la masividad y luego con el resultado obtenido evaluarlo en el **Anexo 3** y de este modo tomar las decisiones operativas de almacenamiento.

$$M = \frac{A_u \cdot H_u}{S} \quad [2.17]$$

Donde:

M: Masividad

Au: Área útil del almacén

Hu: Altura útil del almacén

S: número de surtidos

#### Determinación de los medios de almacenamiento

Para determinar los medios de almacenamientos se deberán agrupar los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones por grupo de familia. Luego teniendo en cuenta las características de estos recursos ya agrupados se determina según la tabla cuáles son los medios a utilizar para el almacenamiento.

#### **Fase 4: Funcionamiento**

##### **Etapa 9: Ejecución**

En esta etapa corresponde realizar la implantación de las salidas como resultado de los diferentes análisis y diseños del procedimiento

Según Bender [1998], el plan de implementación contempla los elementos siguientes:

- Definición de elementos (tareas y proyectos).
- Definición de objetivos de cada elemento.
- Características de las actividades (recursos necesarios, duración esperada de la actividad y responsabilidad para su desempeño).
- Secuencia de actividades.

- Identificación de hechos (incluyendo fechas esperadas para la realización de cada proyecto y las tareas principales, así como las fechas tope y puntos del chequeo a lo largo del plan).

En esta etapa se trata no sólo de establecer políticas, proyectos y planes de acción o programas específicos, sino que también se han de propiciar unas condiciones favorables para su ejecución efectiva, para ello se debe comunicar y hacer partícipes a las personas que se verán implicadas en el cambio, establecer los programas de capacitación necesarios, se deben eliminar las posibles resistencias al cambio que puedan existir, escoger el momento adecuado y desarrollar una implantación progresiva procurando iniciar ésta con las personas más receptivas y con las de mayor prestigio entre sus compañeros.

Los niveles de compromiso deben establecerse entre las partes implicadas, ya que éstas se encuentran en estrecha relación conformando un sistema y el cumplimiento exitoso de una depende de la anterior.

#### **Fase 5: Medición y Control**

Esta última fase es de gran importancia ya que permite tener un control riguroso en cada una de las fases, evaluar las mismas a través de indicadores y plantear diferentes alternativas de solución en cada momento.

#### **Etapa 10: Definir indicadores de desempeño**

En esta etapa se pretende definir algunos indicadores de desempeño que se podrán aplicar a la entidad objeto de estudio. Una propuesta de indicadores es:

- Ingreso por ventas de recursos no reutilizables.
- Ahorro por concepto de reutilización de recursos.
- Comparación de los volúmenes potenciales a recuperarse en comparación con lo que realmente se recupera.
- Comparación de los volúmenes potenciales de entrega a la industria y lo que realmente se entrega.

#### **Etapa 11: Definir los puntos de control**

En esta etapa se pretende definir los puntos de control del proceso de logística inversa en la entidad objeto de estudio. Estos puntos de control tienen las características siguientes:

- Contienen información recuperable del desempeño global del proceso.
- La información es verificable.
- Constituyen puntos importantes y claves para el desempeño del proceso desde el punto de vista del control interno.

- Se debe realizar un seguimiento que permite la mejora continua del sistema y en correspondencia con los cambios del entorno.

#### **2.4 Conclusiones parciales**

Una vez terminado este capítulo se deben destacar las conclusiones siguientes:

1. El procedimiento propuesto para el diseño y la gestión de la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones en la Dirección Territorial de ETECSA en Villa Clara es una novedad práctica que permite el empleo de técnicas de gestión logística que integran los procesos y las exigencias de los clientes que demandan estos recursos.
2. La estructura lógica – secuencial del procedimiento, la descripción clara y precisa de lo que se debe realizar en cada paso que se contempla, conduce a que su aplicación sea visible, tenga carácter práctico y permita que un proceso complejo se vea de forma simple.
3. El procedimiento propuesto permite la integración del proceso logístico directo e inverso específicamente en actividades claves como son el transporte, el almacenamiento y la gestión de los inventarios.



# *Capítulo III*

### Capítulo 3: Aplicación del procedimiento para el diseño y gestión de la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones en la Dirección Territorial de ETECSA en Villa Clara.

#### 3.1 Introducción

Partiendo del análisis y estudio desarrollado en el capítulo 2 para el diseño y gestión de la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones en la Dirección Territorial de ETECSA en Villa Clara, quedó evidenciada la necesidad de aplicar soluciones al problema que se ha planteado anteriormente.

En este capítulo se propone aplicar el procedimiento propuesto y demostrar la viabilidad y validez del instrumento metodológico desarrollado con el objetivo de crear soluciones y brindar resultados satisfactorios para la empresa.

#### 3.2 Aplicación de procedimiento para el diseño y gestión de la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones en la Dirección Territorial de ETECSA en Villa Clara.

##### Fase I: Diagnóstico

##### Etapa1: Conformación del equipo de trabajo

El equipo de trabajo quedó conformado con personal experimentado y capacitado de la dirección de la empresa y del grupo logístico considerando diferentes áreas de responsabilidad. Este equipo de trabajo tiene la característica de que los integrantes se encuentran motivados y muy comprometidos con el resultado satisfactorio de la investigación. La conformación del equipo de trabajo se muestra en la **tabla 3.1**.

**Tabla 3.1:** Conformación del equipo de trabajo

| No | Nombre y Apellidos         | Cargo                                   | Área                  |
|----|----------------------------|---|-----------------------|
| 1  | Ing. Roberto Pérez M.      | J' de Dpto. de Operaciones de la Red    | Operaciones de la Red |
| 2  | Ing. Emigdio Valdez A.     | J' del grupo de Ingeniería de la Red    | Operaciones de la Red |
| 3  | Ing. Julio Castellanos M.  | J' del grupo de control de la Red       | Operaciones de la Red |
| 4  | Ing. Juan Carlos Galván G. | J' de la unidad de intervención técnica | Operaciones de la Red |
| 5  | Msc. Duniesky Feitó M.     | J' de Logística                         | Logística             |
| 6  | Msc. Carmelo Gómez L.      | Especialista EA                         | Logística             |
| 7  | Ing. Jorge Homero P.       | J' de Aprovisionamiento                 | Logística             |
| 8  | Ing. Nelson Gonzáles B.    | Encargado del almacén                   | Logística             |

**Fuente:** Elaboración Propia

## **Etapa 2: Caracterización del proceso de logística inversa en la Dirección Territorial de ETECSA de Villa Clara**

En relación a lo planteado en el capítulo 2, en esta etapa se define el alcance del proceso de logística inversa, en tal sentido el estudio estará centrado en los recursos que serán retirados de las redes telefónicas existentes en el territorio de Villa Clara tales como: postes de hormigón, cables telefónicos con cubiertas de acero, aisladores de vidrio y elementos de instalación.

El proceso inverso para este tipo de producto comienza por la definición por parte del departamento de desarrollo y el de operaciones de la red de la cantidad de recursos que deben ser retirados de la técnica instalada en la provincia, a partir de mejoras en los procesos tecnológicos, este plan contempla la cantidad de recursos a retirar y el cronograma de ejecución de estas tareas (**ver tabla 3.2**). En función de las fechas definidas las fuerzas especializadas de la agrupación e intervención técnica (AIT) llevan a cabo el proceso de desmonte de los elementos antes mencionados y realizan la separación de cada uno de estos materiales evitando la contaminación entre los mismos. Al culminar esta actividad en coordinación con el grupo logístico se realiza la transportación de los elementos recogidos hacia las instalaciones del almacén provincial, en este lugar se realiza la recepción de estos productos y se almacenan en áreas diferenciadas según la categoría de los elementos recogidos, reutilizables y no reutilizables. En el caso de los recursos reutilizables son conservados según los requerimientos del producto integrándolo posteriormente al proceso de servicio fundamentalmente en operaciones de mantenimiento preventivo o correctivo, en el segundo caso los recursos no reutilizables son entregados a la Empresa de Recuperación de Materias Primas (ERMP).

Es importante señalar que aún cuando existe un nivel de organización en este proceso existen algunas dificultades que afectan su objetivo principal, que es la maximización en la reutilización de todo lo que se elimina. En tal sentido hoy no están definidas con claridad las responsabilidades de cada uno de los involucrados en este proceso, no se cumple a cabalidad los planes de recogida y de entrega a la ERMP, así como no está identificado en el plan técnico – económico de la empresa los valores a ingresar por la venta de los residuos ni se tiene en cuenta la disminución de los gastos que podría obtenerse por la utilización de estos materiales recogidos como estrategia concreta en función de elevar los niveles de productividad.

**Tabla 3.2:** Plan de desmonte de rutas 2010

| Centro | Ruta                           | Km Alambre Físico Lineales |                         | Crucetas |      | Aisladores |      | Postes |      | Km Cables de Cobre |      | Mes Plan Ejecucion |
|--------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|----------|------|------------|------|--------|------|--------------------|------|--------------------|
|        |                                | PLAN                       | REAL                    | PLAN     | REAL | PLAN       | REAL | PLAN   | REAL | PLAN               | REAL |                    |
|        |                                | EN                         | Encrucijada - La Sierra | 28       |      | 80         |      | 300    |      | 80                 |      |                    |
| V      | Santa Clara - Matagua          | 20                         |                         | 200      |      | 400        |      |        |      | 20                 |      | Marzo              |
| PT     | Placetas - Manajanabo          | 12                         |                         | 160      |      | 320        |      |        |      | 12                 |      | Abril              |
| IF     | Cifuentes - Sitiecito          | 12                         |                         | 200      |      | 640        |      |        |      | 12                 |      | Mayo               |
| RM     | Remedios - Pueblo Nuevo        | 15                         |                         | 30       |      | 300        |      | 250    |      | 15                 |      | Octubre            |
| EN     | Encrucijada - Molino de Piedra | 3                          |                         | 70       |      | 320        |      | 230    |      | 3                  |      | Noviembre          |

**Fuente:** Archivos de la Empresa (2010)

### **Etapas 3: Identificación de fuentes y proveedores de la logística inversa en ETECSA Villa Clara**

En la División Territorial de ETECSA en Villa Clara existen varias fuentes generadoras de logística inversa a partir de las diferentes actividades que se realizan en el territorio, en tal sentido las más importantes son las relacionadas con el desmonte de rutas en desuso a partir de modernizaciones por nuevas inversiones que se realizan a nivel provincial. Otra de las formas de mayor generación de residuos son los elementos que se desmontan de la Planta Exterior según los planes de mantenimiento preventivo y correctivo que día a día se realizan por las fuerzas de los centros de telecomunicaciones. También en menor medida existen otras áreas generadoras de residuos como son el Taller de Transporte y el Departamento de Tecnología de la Información. Partiendo de lo descrito anteriormente y teniendo en cuenta que las dos fuentes principales de generación de residuos y materiales reutilizables están centradas en las áreas técnicas de la empresa, la investigación por tanto estará dirigida a resolver los principales problemas que afectan la gestión efectiva de dichos procesos. La identificación de las principales fuentes, elementos y proveedores de logística inversa se muestra en la **tabla 3.3**.

### **Etapas 4: Identificación del mercado de la logística inversa**

En el caso específico de ETECSA el posible mercado o cliente de los recursos que se retiran de las redes de telecomunicaciones que se generan son la propia empresa y la Empresa de Recuperación de Materias Primas (ERMP), esta última para el caso de los recursos que son clasificados como inservibles o recursos no reutilizables para la

empresa los cuales son entregados mediante un contrato marco que regula los precios por elementos convenidos con ETECSA a nivel nacional. Los recursos que se recuperan por la empresa son reinstalados nuevamente como parte del proceso de prestación de los servicios en las redes telefónicas del territorio de Villa Clara.

**Tabla 3.3:** Principales fuentes y proveedores de la logística inversa de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones de ETECSA en Villa Clara

| Fuente   | Elementos  | Proveedores                                  |
|--|--|--|
| Recursos desmontados de redes telefónicas obsoletas.                                 | Postes, cables, teléfonos, aisladores, alambre de cobre desnudo.     | Operaciones de la Red.                       |
| Elementos retirados de las redes según los planes de mtto preventivo y/o correctivo. | Bajante telefónico, teléfonos, grapas plásticas, argollas, mordazas. | Centro de Telecomunicaciones                 |
| Partes y Piezas del transporte.  | Baterías, gomas.   | Taller Automotriz                            |
| Partes y Piezas de equipos informáticos.   | Disco duro, fuentes, chasis, memorias.                               | Departamento de Tecnología de la información |

**Fuente:** Elaboración propia

## Fase 2: Diseño

### Etapa 5: Diseño de procesos

En esta etapa se definen los principales procesos presentes en el proceso inverso de los recursos retirados de las redes en desuso. A continuación se realiza la representación gráfica de dicho proceso ver **figura 3.1** y se describe a nivel de detalle cada una de las operaciones y responsables además de su ejecución mostrándose en la **tabla 3.4**.

### Etapa 6: Definición del flujo de información

Para llevar a cabo esta etapa se grafica el flujo de información del proceso inverso de los recursos que se retiran de las redes de telecomunicaciones, en tal sentido quedó representado el recorrido de la información, registros que se utilizan así como lugares donde se genera la información esto se muestra en el **Anexo 4**.

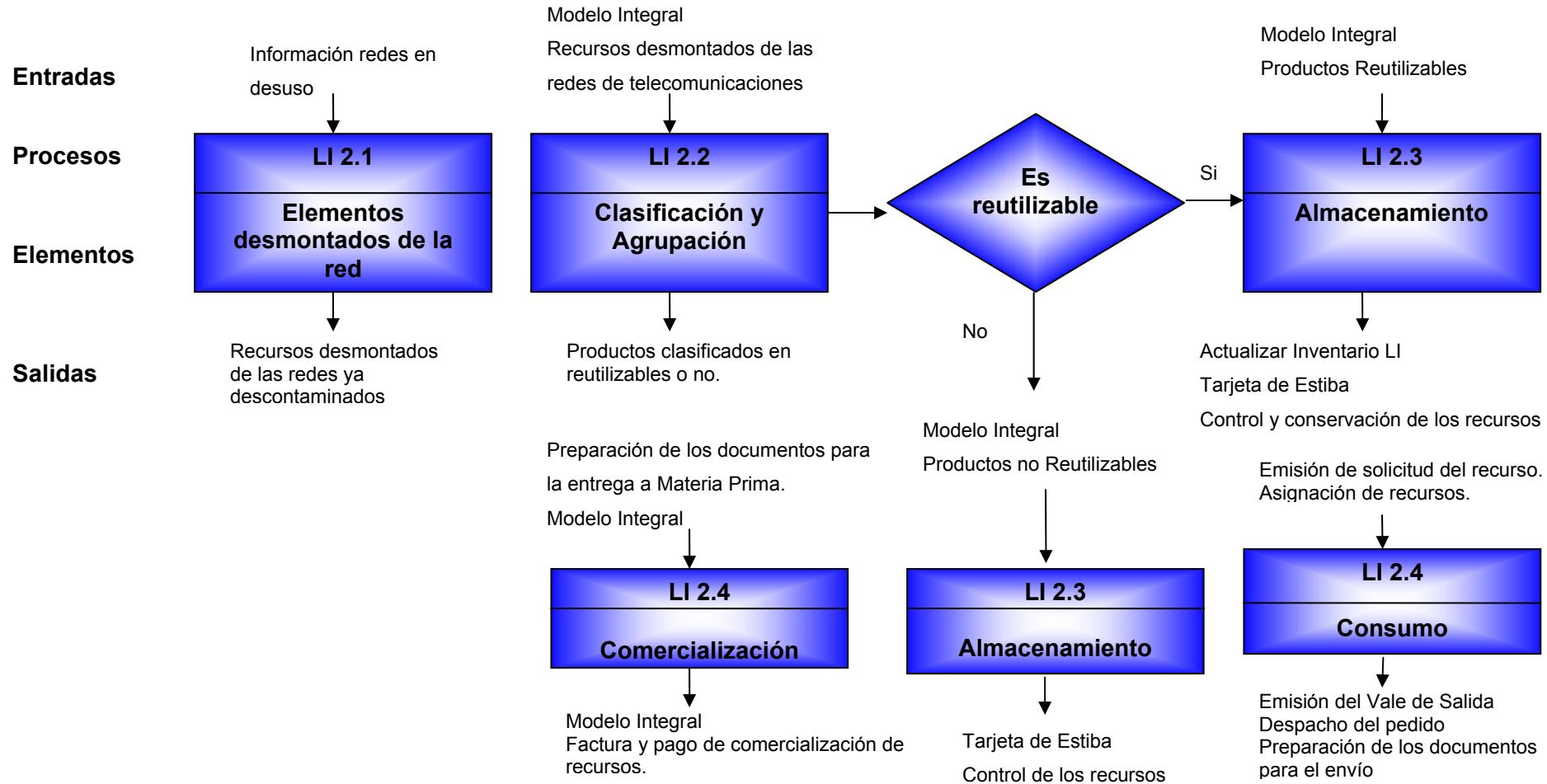


Figura 3.1: Nivel de detalle del proceso de Logística Inversa

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.4:** Nivel de detalle del proceso inverso de los recursos retirados de las redes de telecomunicaciones

| No   | Tarea  | Responsable  |
|--|--|--|
| 1  | <b>Desmontar elementos de la Red</b><br>Los elementos de la red son desmontados teniendo en cuenta los planes de trabajo de los CTL y la fuerza de trabajo disponible.   | Fuerza de Trabajo Especializada de la AIT                  |
| 2  | <b>Agrupar elementos</b><br>Los elementos desmontados se agrupan para facilitar su clasificación   | Fuerza de Trabajo Especializada de la AIT                  |
| 3  | <b>Clasificar los elementos</b><br>Los elementos desmontados se clasifican según los criterios siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Recursos posibles de reutilizar</li> <li>▪ Recursos imposibles de reutilizar</li> </ul> Esta clasificación se reflejará en el modelo integral                                  | Fuerza de Trabajo Especializada de la AIT                  |
| <b>Cuando es posible reutilizar el recurso</b> |  |  |
| 4  | <b>Entregar el recurso en el Almacén Central de la DTVC</b><br>El operario que ha realizado el desmonte y la clasificación de los recursos realiza la entrega de los recursos en el Almacén del CTL. En este caso se utiliza el <b>Modelo Integral</b>   | Fuerza de Trabajo Especializada de la AIT                  |
| 5  | <b>Recepcionar el recurso en el Almacén CENTRAL de la DTVC</b><br>Se recepcionan los recursos mediante la creación o actualización de la tarjeta de estiba utilizando el modelo integral como documento primario.  | Dependiente de Almacén Central DTVC                        |
| 6  | <b>Actualizar inventario en el GESLOG</b><br>El inventario debe actualizarse en el Sistema GESLOG para mantener el control sobre los recursos.   | Especialistas de Economía de Almacenes                     |
| 7  | <b>Solicitar recursos de logística inversa para su utilización</b><br>El recurso de logística inversa ingresa al almacén de la dirección territorial. Una vez que sea demandado para su utilización se realiza la solicitud de manera similar como se establece en el <b>Procedimiento de Distribución de Recursos Materiales.</b> | Personal Designado para la Solicitud de Recursos de la AIT |
| 8  | <b>Confeccionar la Asignación de Recursos</b><br>Teniendo en cuenta la solicitud se realiza la asignación de recursos según lo establece el <b>Procedimiento de Distribución de Recursos Materiales.</b>   | Especialistas de Economía de Almacenes                     |

|   |   |                                     |
|---|---|-------------------------------------|
| 9   | <b>Entregar recursos según asignación</b><br>Se entrega el recurso y se realiza la rebaja de la <b><u>tarieta de estiba.</u></b>  | Dependientes del Almacén Central    |
| 10  | <b>Reutilizar el recurso</b><br>La fuerza de trabajo del CTL utiliza el recurso en la tarea de operación y mantenimiento correspondiente cumpliendo con lo establecido en cuanto al control de recursos.  | Fuerza de Trabajo Especializada     |
| <b>Cuando no es posible reutilizar el recurso</b> |   |                                     |
| 11  | <b>Almacenar el recurso temporalmente en el Almacén Central</b><br>El recurso es objeto de un almacenamiento de tránsito en el Almacén Central hasta que sea entregado a la ERMP. Estos productos deben estar almacenados en un área diferenciada a la de los recursos que son reutilizables.<br>Los recursos son entregados a Materias Primas mediante el modelo integral, es importante que el modelo integral contenga las firmas del personal que certifica que el recurso es no reutilizable para la empresa : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Personal que realiza la entrega a la ERMP</li> <li>▪ Personal que autoriza la entrega</li> <li>▪ Personal que recibe el recurso (personal de la ERMP)</li> </ul> | Jefe de Aprovisionamiento           |
| 12  | <b>Comercializar residuos</b><br>Se realizan los trámites correspondientes para la comercialización de los residuos según los acuerdos fijados en el contrato marco. Se realiza además la conciliación que incluye todas las entregas que se realizaron a nivel provincial.   | Especialista de Economía de Almacén |

**Fuente:** Elaboración propia

### Fase 3: Planificación

#### Etapa 7: Planificación del transporte

Para cumplimentar el diseño del sistema de transporte se procede a la selección del medio de transporte, empleando como herramienta la modelación matemática. El modelo de programación lineal utilizado se deriva del modelo general mostrado en el **cuadro 2.1**. Es importante señalar que se tomará como muestra los meses de octubre y noviembre, pues en ambos meses es donde existe el mayor volumen de recogida planificada por la empresa, otro aspecto es lo relacionado a los medios de transporte que en el caso de ETECSA en Villa Clara existen solo dos medios de transporte destinados para estos fines. Están presentes los dos medios de transporte limitaciones de capacidad de volumen y de peso como se muestra en el **Anexo 5**, los costos asociados pueden apreciarse en la **tabla 3.5**. En el caso de los productos analizados poseen diferencias en cuanto al área que ocupan los mismos en el medio de transporte, siendo así también para el peso de cada uno de estos productos, los datos de peso se encuentran en la **tabla 3.6** para cada tipo de recurso. Es importante aclarar, que el resultado obtenido estará dado en toneladas por lo que será necesario hacer la conversión a metros.

**Tabla 3.5:** Costo asociado según el tipo de transporte

| Tipo de transporte | Gasto de transportación<br>\$-Km/lt |
|--------------------|-------------------------------------|
| Camión Kamaz       | 13364                               |
| Rastra             | 13664                               |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 3.6:** Peso específico de cada recurso desmontado de las redes de telecomunicaciones

| Recursos                 | Peso        |
|--------------------------|-------------|
| <b>Crucetas</b>          | 18 Kg/u     |
| <b>Alambre fisico</b>    | 46.76 Kg/Km |
| <b>Cables de cobre</b>   | 74.39 Kg/Km |
| <b>Poste de hormigón</b> | 1000 Kg/u   |
| <b>Aisladores</b>        | 2.3 Kg/u    |

**Fuente:** Elaboración propia

Para la determinación de la cantidad de viajes que se deben realizar teniendo en cuenta el tipo o medio de transporte fue necesario la utilización del procedimiento para la determinación de los medios de transporte mostrado en el **Anexo 2**, además los cálculos pertinentes son mostrados en el **Anexo 6** donde la carga a transportar es pesada. La DTVC de ETECSA, dispone para esta actividad solamente es de dos vehículos para asumir la transportación del período programado, es decir para los meses de octubre y noviembre. Los datos del medio de transportación son los siguientes.

**Alternativa 1:** Recoger todos los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones con el Kamaz para el mes de octubre.

$$q_e = 10 \text{ t}$$

$$C_w = 28 \text{ m}^3$$

$$c_w = 2.8 \text{ m}^3/\text{t}$$

$$Q = 255.22 \text{ t}$$

$$U = 461.435 \text{ m}^3$$

$$U_o = 1.088 \text{ m}^3/\text{t}$$

Luego se realiza la comparación siguiente:

$$U_o \leq c_w$$

$$1.08 \text{ m}^3/\text{t} \leq 2.8 \text{ m}^3/\text{t}$$

Como se cumple esta comparación se puede decir que sobra volumen, o sea, carga pesada, refiriéndose a cargas que ocupan poco volumen y tienen mucho peso.

Teniendo en cuenta estos datos el  $N_v=26$

**Alternativa 2:** Recoger todos los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones con la Rastra de Almacenes Universales para el mes de octubre.

$$q_e = 16 \text{ t}$$

$$C_w = 73.15 \text{ m}^3$$

$$c_w = 4.53 \text{ m}^3/\text{t}$$

$$Q = 255.22 \text{ t}$$

$$U = 461.45 \text{ m}^3$$

$$U_o = 1.088 \text{ m}^3/\text{t}$$

Luego se realiza la comparación siguiente:

$$U_o \leq c_w$$

$$1.08 \text{ m}^3/\text{t} \leq 4.53 \text{ m}^3/\text{t}$$

Como se cumple esta comparación se puede decir que sobra volumen, o sea, carga pesada, refiriéndose a cargas que ocupan poco volumen y tienen mucho peso.

Teniendo en cuenta estos datos el  $N_v=16$

**Alternativa 3:** Recoger todos los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones con el Kamaz y la Rastra de Almacenes Universales para el mes de octubre.

$$q_e = 26 \text{ t}$$

$$C_w = 102.15 \text{ m}^3$$

$$c_w = 3.92 \text{ m}^3/\text{t}$$

$$Q = 255.22 \text{ t}$$

$$U = 461.45 \text{ m}^3$$

$$U_o = 1.088 \text{ m}^3/\text{t}$$

$$1.08 \text{ m}^3/\text{t} \leq 3.92 \text{ m}^3/\text{t}$$

Como se cumple esta comparación se puede decir que sobra volumen, o sea, carga pesada, refiriéndose a cargas que ocupan poco volumen y tienen mucho peso.

Teniendo en cuenta estos datos el  $N_v=10$

Luego se procede al cálculo de los gastos por transportación para cada uno de los medios de transporte, los mismos son mostrados en el **Anexo 7**.

Para conocer cuál es la solución óptima se empleó el Módulo *Linear and Integer Programming* del *Software WinQSB*. Los resultados aparecen en el **Anexo 8**. En el primer caso, para la toma de decisiones a adoptar para el plan de transportación del mes de octubre la solución más factible teniendo en cuenta la salida del WinQSB es utilizar en este mes para la recogida de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones los dos medios de transporte es decir el Kamaz y la Rastra de Almacenes Universales incurriendo en un costo total de 13603.62 MN o 544.12 CUC.

#### Rutas de recogida

El proceso de recogida de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones se realizará siguiendo las rutas planteadas en la **tabla 3.2**. En tal sentido el proceso de recogida coincide con la extensión física de los elementos a retirar y su ubicación geográfica enmarcada en el territorio de Villa Clara.

#### **Etapas 8: Planificación de almacenamiento**

Los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones son almacenados en el llamado Patio Poste que ocupa un área total de 5 497 m<sup>2</sup> con cerca perimetral de malla

“peerle”, el área a cielo abierto se dedica al depósito de carretes de cables de cobre, alambre físico, postes, crucetas y aisladores, de esta área se utiliza para estos recursos desmontados solo 500 m<sup>2</sup>.

Para conocer si este espacio dedicado a los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones es suficiente se calcula mediante el paso 1 del modelo de artículos múltiples con restricciones de recursos para demandas independientes, basado en los extremos condicionados de Lagrange.

Primeramente se calcula el espacio que ocupan los recursos desmontados, utilizándose la fórmula [2.4], para cada tipo de recurso durante el mes de octubre y noviembre, estos cálculos se muestran en la **tabla 3.6 y 3.7** respectivamente.

**Tabla 3.6:** Área de cada recurso en el mes de octubre

| Recursos                          | Ci       | Qi  | Área (m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------------------|----------|-----|------------------------|
| <b>Crucetas</b>                   | 0.073962 | 30  | 2.2188                 |
| <b>Alambre físico</b>             | 13.6273  | 1   | 13.6273                |
| <b>Cables de cobre(rollete)</b>   | 13.6273  | 4   | 54.50                  |
| <b>Poste de hormigón</b>          | 1.55     | 250 | 387.5                  |
| <b>Aisladores</b>                 | 0.00628  | 300 | 0.1884                 |
| <b>Paletas cajas (Aisladores)</b> | 5.04     | 1   | 5.04                   |
| <b>Total</b>                      |          |     | 462.87                 |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.7:** Área de cada recurso en el mes de noviembre

| Recursos                          | Ci       | Qi  | Área (m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------------------|----------|-----|------------------------|
| <b>Crucetas</b>                   | 0.073962 | 70  | 5.1773                 |
| <b>Alambre físico</b>             | 13.6273  | 1   | 13.6273                |
| <b>Cables de cobre(rollete)</b>   | 13.6273  | 1   | 13.6273                |
| <b>Poste de hormigón</b>          | 1.55     | 230 | 356.5                  |
| <b>Aisladores</b>                 | 0.00628  | 320 | 2.0096                 |
| <b>Paletas cajas (Aisladores)</b> | 5.04     | 1   | 5.04                   |
| <b>Total</b>                      |          |     | 393.95                 |

Fuente: Elaboración propia

Los aisladores son almacenados en paletas cajas que tienen como dimensiones  $0.6*1.2*1\text{m}$  presentando un área de  $5.04\text{ m}^2$ .

Luego se realiza la comparación entre el área que ocupa todos los recursos desmontados por cada mes y la capacidad de almacenamiento que existe en el almacén para estos recursos desmontados.

$$462.87\text{m}^2 \leq 500\text{ m}^2$$

$$393.95\text{m}^2 \leq 500\text{ m}^2$$

La comparación realizada da como resultado que el área que se utiliza en el almacén para los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones es suficiente para almacenar los recursos que serán desmontados en los meses de octubre y noviembre. Como se cumple el paso 1, no se procede a los siguientes pasos del modelo.

En el área de almacenamiento resulta necesario determinar la forma y el método de almacenamiento de estos recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones para esto no es necesario calcular la masividad ver **Anexo 3** ya que estos recursos no son productos perecederos, además son cargas secas y se almacenan a cielo abierto, a granel y sobre cemento o silo. El patio poste cumple con lo antes mencionados por lo que se puede decir que hay un buen almacenamiento de de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones.

#### **Fase 4: Funcionamiento**

##### **Etapa 9: Ejecución**

Para el funcionamiento de las medidas propuestas a partir del cronograma definido en la **tabla 3.4** se debe realizar un seguimiento más estricto mediante controles sistemático de la Dirección al cumplimiento de los planes operativos definidos como parte e la investigación.

#### **Fase 5: Medición y Control**

##### **Etapa 10: Definir indicadores de desempeño**

Teniendo en cuenta lo planteado en la **Etapa 2** del procedimiento uno de los principales problemas que afectan la efectividad del proceso inverso de los recursos que son retirados de las redes de telecomunicaciones es la carencia de indicadores de desempeño que permita demostrar la efectividad en la eficiencia de dicho proceso.

En esta etapa se pretende diseñar un grupo de indicadores que permitirán medir el nivel de eficacia y eficiencia del proceso. Dichos indicadores se encuentran en la **Etapa 12** del procedimiento.

**Tabla 3.4:** Cronograma de ejecución

| No | Actividades   | Responsable   | Fecha                |
|----|---|---|----------------------|
| 1  | Capacitación del personal involucrado en el proceso                                       | Jefe del grupo logístico                              | Junio 2010           |
| 2  | Determinación de las mejoras tecnológicas y elementos posibles a recuperar                | Jefe del Dpto. de Operaciones de la Red e inversiones | Julio 2010           |
| 3  | Elaboración del presupuesto de gasto  | Equipo de trabajo                                     | Julio- Agosto        |
| 4  | Realizar el Balance material, incorporando los volúmenes a reutilizar                     | Jefe de grupo de Ingenieros de la Red                 | Agosto               |
| 5  | Determinar el presupuesto de gasto  | Jefe de grupo de Control de la Red                    | Septiembre           |
| 6  | Elaboración del plan de ingreso e incorporar las ventas por concepto de logística inversa | Jefe del Dpto. de Economía                            | Septiembre           |
| 7  | Definición de los planes operativos de recogida   | Jefe de unidad de Intervención Técnica                | Octubre              |
| 8  | Control y monitoreo   | Jefe del Dpto. de Operaciones de la Red               | Enero-Diciembre 2010 |

**Fuente:** Elaboración propia

La concepción de los indicadores propuestos debe partir del plan táctico – operativo que realiza la empresa todos los años ya que aquí es donde se debe definir en función de las nuevas inversiones lo que se va a retirar de las redes de telecomunicaciones y donde va a ser reubicado teniendo en cuenta los % de reutilización así como lo que se ingresará por concepto de venta de residuos. El plan táctico se muestra en la **tabla 3.5** mientras que el plan operativo es mostrado en las **tablas 3.6, 3.7 y 3.8**.

#### **Etapas 11: Definir los puntos de control**

En esta etapa se definen los principales puntos de control en función de cada una de las actividades que se realizan en el proceso inverso, así como las formas de verificación de cada una de ellas. Lo antes mencionado se muestra en la **tabla 3.9**.

**Plan Táctico**

**Tabla 3.5:** Plan de mejoras tecnológicas 2010

| Mejoras tecnológicas | Elementos a retirar | % de reutilización estimado | Cantidad reutilizable | Cantidad no reutilizable | Ahorro por concepto de reutilización | Ingreso Plan-Venta |
|----------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------------------|--------------------|
|                      |                     |                             |                       |                          |                                      |                    |

**Fuente:** Elaboración propia

**Plan Operativo**

**Tabla 3.6:** Plan de recogida 2010

| Mes | Ruta a desmontar | Plan | Real | Efectividad (%) Real / Plan |
|-----|------------------|------|------|-----------------------------|
|     |                  |      |      |                             |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 3.7:** Plan de Recuperación 2010

| Mes | Materiales | Plan | Real | Valor ahorro Real/Plan |
|-----|------------|------|------|------------------------|
|     |            |      |      |                        |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 3.8:** Plan de Entrega a la ERMP 2010

| Mes | Materiales | Plan | Real | Ingreso Real/Plan |
|-----|------------|------|------|-------------------|
|     |            |      |      |                   |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 3.9:** Puntos de control del proceso de logística inversa

| Proceso           | Frecuencia | Actividad                  | Puntos de Control                             | Criterio             | Aspectos a verificar  | Rango  | Herramienta a emplear  |
|-------------------|------------|----------------------------|---|----------------------|---|--------|--|
| Logística Inversa | Mensual    | Desmante de Elementos      | Observación                                   | Cualitativo          | Se verifica que los recursos almacenados para la entrega la ERMP y para ser reutilizados no se encuentren contaminados.   | SI/NO  | Observación visual   |
|                   | Mensual    | Clasificación y agrupación | Modelo integral                               | Cuantitativo (100 %) | Se verifica que los recursos recibidos contengan la identificación de su destino final.   | 0-10 % | Se revisa en el modelo integral la clasificación según el tipo de recurso  |
|                   | Mensual    | Almacenamiento             | Observación<br>Modelo integral                | Cuantitativo (100 %) | Se verifica que los recursos recibidos estén reflejados en la tarjeta de estiba y contenga la documentación establecida.<br>Mediante observación visual se revisa el estado de conservación de los recursos reutilizables.  | 0-10 % | Se verifica que lo que se reciba este acorde con la documentación primaria (trazabilidad modelo integral – tarjeta de estiba |
|                   | Mensual    | Consumo                    | Modelo integral<br>Expediente de entrega a MP | Cuantitativo (100 %) | Se revisa que las <b>entregas para el consumo</b> se realicen mediante el modelo integral cumpliendo con los niveles de autorización para realizar la operación.<br>Se verifica que las <b>entregas a materia prima sean realizadas por el modelo integral</b> y que se correspondan con lo recibido en cantidad y pesaje por esta empresa.<br>Se verifica que las ventas estén conciliadas y facturas según corresponda. | 0-10 % | Se verifica (trazabilidad modelo integral –tarjeta de estiba- vale de entrega- expediente de materia prima )                 |

Fuente: Elaboración propia

### **Conclusiones parciales**

1. En diferentes etapas del procedimiento general se emplearon como herramientas varios software, los cuales permitieron dar solución al modelo de programación lineal y las validaciones estadísticas. En todos los casos se ganó precisión en los cálculos y rapidez en el procesamiento de los datos, contribuyendo así a mejorar el proceso de toma de decisiones logísticas en los diferentes eslabones de la cadena.
2. Al utilizar el diagrama para la seleccionar la tecnología de almacenamiento dio como resultado que los recursos desmontados deben ser almacenados en pavimento por lo que se puede decir que existe un buen almacenamiento de estos recursos pues en el Patio Poste así es como se almacenan los mismos.
3. Al realizar la programación lineal para seleccionar la alternativa más optima o más económica se obtiene como resultado que se deben utilizar los dos medios de transporte con los que cuenta la empresa incurriendo en un costo de total de 13603.62 MN o 544.12 CUC.



*Conclusiones*

## CONCLUSIONES GENERALES

1. Los resultados obtenidos en la construcción del marco teórico – referencial de la presente investigación confirmaron la existencia de una amplia base conceptual para el diseño y la gestión de la logística inversa en general. Sin embargo, no se encontraron precedentes de la aplicación de la logística inversa para el caso de los recursos que se retiran de las redes de telecomunicaciones, ni elementos que permitieran evaluar su desempeño.
2. En el procedimiento propuesto se emplearon diferentes métodos matemáticos expuestos en el marco teórico -referencial de la tesis utilizando los software correspondientes en cada uno de los casos con el objetivo de ganar precisión y rapidez en las soluciones brindadas, y a la vez justificar técnicamente las decisiones.
3. En la investigación realizada en esta tesis quedó demostrado que mediante el diseño y la gestión de los recursos materiales provenientes del desmote de rutas telefónicas se pueden alcanzar ahorros considerables por concepto de reutilización lo que confirma la necesidad actual y futura de una correcta gestión de estos materiales.
4. Una vez aplicado en la entidad objeto de estudio el procedimiento para el diseño y la gestión de los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones y en particular el relacionado con la planificación del proceso inverso, se logró una planificación integrada con los procesos del sistema logístico directo específicamente en actividades claves del almacenamiento, la gestión de los pedidos y la distribución.



*Recomendaciones*

## RECOMENDACIONES

Como parte de la continuidad de este trabajo investigativo se recomienda:

1. Desarrollar de forma continua el control del proceso inverso de los recursos que son retirados de las redes de telecomunicaciones específicamente en el cumplimiento de los indicadores diseñados y las actividades a realizar en los niveles táctico – operativo, con el objetivo de ir tomando las medidas pertinentes que contribuyan al cumplimiento de los planes de entrega a la ERMP y de reutilización de recursos.
2. Continuar la divulgación de los resultados de esta investigación a través de eventos científicos, cursos de postgrado y mediante la presentación de artículos científicos, como una vía de contribuir a la generalización de los resultados obtenidos y a la vez convertirla en un material de consulta.
3. Extender la aplicación del procedimiento propuesto a otros elementos o fuentes de logística inversa con el objetivo de contribuir con la estrategia de sustitución de importaciones del sector de las telecomunicaciones en los próximos años.
4. Darle continuidad al procedimiento para el desarrollo, a nivel operativo, de las etapas de medición y control, donde se puedan tomar decisiones más rápidas ante cualquier anomalía en el desempeño del proceso objeto de estudio.



# *Bibliografía*

1. Acero Eslava, M (2006). Canales de distribución y administración logística. Consultado en enero 26,2010 en <http://www.gestiopolis.com/dirgp/mar/canales.htm>
2. Anaya Tejero, J. J. (2000). "Logística Integral. La gestión operativa de la empresa". Editorial ESIC, Madrid.
3. Amozarrain Ramos, M (1999). La gestión por procesos. Consultado en enero 26,2010 en <http://www.personales.jet.es/amozarrain/organizacion.htm>.
4. Angulo Rivera, J. C (2003). Actividades de la Logística Inversa. Ciudad de La Habana: Editorial Orbe.
5. Angulo Rivera J. C (2004). Logística. Consultado en febrero 4, 2010 en <http://www.monografías.com>.
6. Calderón Lama, Cruz Lario (2005). Análisis del Modelo SCOR para la Gestión de la Cadena de Suministro. Consultado en febrero 11, 2010 en <http://www.monografías.com>.
7. CEL (1993). Diccionario de términos y definiciones logísticas. Centro Español de Logística. En <http://www.cellogistica.org/articulos.html>.
8. Cespón Castro, R. & Auxiliadora, María. (2003). Administración de la cadena de suministros. Manual para estudiantes de la especialidad de Ingeniería Industrial. Universidad Tecnológica Centroamericana de Honduras. UNITEC. Tegucigalpa.
9. Conde Hernández, L. Serrano Mansfarroll, A. Santos Norton, M. (2007). La Logística Inversa y el Medio Ambiente. Consultado en febrero 11, 2010 en <http://biblioteca.reduc.edu.cu/biblioteca.virtual/cgi/CD-ROM/.../P8.doc>
10. Díaz Casañas, R., Knudsen González, J. (2004). Procedimiento para seleccionar proveedores en una cadena de suministro. Aplicación en una empresa azucarera para el suministro de residuos agrícolas cañeros. Evento IV Conferencia Internacional de Ciencias Empresariales. Santa Clara.
11. Díaz Curbelo, A. (2009) Contribución al Control de Gestión en la Dirección Territorial de ETECSA en Villa Clara. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Ingeniería Industrial. Mención Logística. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.
12. Feitó Madrigal, D. (2007) Procedimiento general para el diseño y la gestión de la cadena de suministro de los productos utilizados en el sector de las telecomunicaciones en Villa Clara. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Administración de Negocios. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.

13. Fleischmann, M., Krikke, H. R., Dekker, R. y Flapper S. P. D. (2000). "A characterisation of logistics networks for product recovery". Omega. 28.
14. Fleischmann, M., Beullens, P., Bloemhof-Ruwaard, J. M., y Van Vassenhove, L. N. (2001). "The impact of product recovery on logistics network". Production and Operations Management, 10 (2).
15. Gómez Acosta Marta Inés & Acevedo Suárez, J. A. (2001 [a]). Logística moderna y la competitividad empresarial. Ed. Centro de Estudio Tecnología de Avanzada (CETA) y Laboratorio de Logística y Gestión de la Producción (LOGESPRO). Ciudad de la Habana.
16. Hawken, P. (1993). "The ecology of commerce: A declaration of sustainability". Harper Business, New York.
17. Hevia Lanier, F. Urquiaga Rodríguez, A.J. (1996). Etapas de la logística reversa para la gestión de los residuos a través de una cadena de suministro. Consultado en febrero 15, 2010 en <http://www.monografias.com>.
18. Klassen R. D. (1993). "Integration of environmental issues into manufacturing toward interactive open systems". Production and Inventory Management Journal.
19. Knudsen González, J. (1997). Procedimiento de mejora al sistema de gestión logístico del transporte de residuos agrícolas cañeros (RAC) en el CAI Luis Arcos Bernes. Universidad Camilo Cienfuegos de Matanzas. Tesis presentada en opción al grado académico de Master en gestión de producción.
20. Knudsen González, J., Cespón Castro, R. & Ayala Bécquer, P. (1999 [a]). Planificación logística del transporte. Logística Aplicada No 5. pp.24-28. Ciudad de la Habana.
21. Knudsen González, J., Cespón Castro, R. & Ibarra Mirón, S. (1999 [b]). Un modelo de planificación eficiente. Revista Mantenimiento y Almacenaje No 339, pp. 18-22. Barcelona. ISSN: 0025-2646.
22. Knudsen González, J. (2005). Diseño y gestión de la cadena de suministro de los residuos agroindustriales de la caña de azúcar. Aplicación a los residuos agroindustriales cañeros, el bagazo y las mieles (Tesis de doctorado, Marta Abreu de las Villas).
23. Kokkinaki, A. I., Dekker, R., Lee, R. and Pappis, C. (1999), "An Exploratory Study on Electronic Commerce for Reverse Logistics", Econometric Institute Report Series, EI-9951/A, Erasmus University Róterdam.
24. Krikke, H. R. (1998). "Recovery strategies and reserve logistic network design". Institute for Business Engineering and Technology Application (BETA).

25. Pohlen, T. L. y Farris II, M. T. (1992). Reverse logistics in plastics recycling. Consultado en febrero 24, 2010 en <http://www.monografias.com>.
26. Lamb Ch., Hair J. & McDaniel C (2002). Marketing. International Thomson Editores S. A.
27. Logística Inversa (2009) © Revista Logistec - Las Hualtatas 7625. Consultado en febrero 13, 2010 en [http://www.revistalogistec.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=550:logistica-inversa&catid=61:rrhh&Itemid=79](http://www.revistalogistec.com/index.php?option=com_content&view=article&id=550:logistica-inversa&catid=61:rrhh&Itemid=79).
28. Marrero Delgado, F. (2001). Procedimiento para la toma de decisiones logísticas con enfoque multicriterio en la cadena de corte, alza y tiro de la caña de azúcar. Aplicaciones en la provincia de Villa Clara. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Santa Clara. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.
29. REVLOG (2003) The European Working Group on Reverse Logistics (REVLOG). Consultado en febrero 24, 2010 en <http://www.fbk.eur.nl/OZ/REVLOG/Introduction.htm>
30. Rogers & Tibben, L. (1998): Going backwards. Reverse logistics trends and practices, Reno, Nevada University, Reverse Logistics Executive Council.
31. Rogers, D. S. y Tibben-Lembke, R. S. (1999). Going Backwards: Reverse Logistics: Trends and Practices. Reverse Logistics Executive Council.
32. Rogers & Tibben, L. (2003): What is Reverse Logistics? Reverse Logistics Executive Council. Consultado en febrero 22, 2010 en <http://www.rlec.org/ReverseLogisticsExecutiveCouncil.htm>.
33. Rubio Lacoba, S (2003). El sistema de logística inversa en la empresa: Análisis y aplicaciones (Tesis de Doctorado, Universidad de Extremadura).
34. Schmidheiny, S. (1992). "Changing Course: A global Business perspective on development and the environment". MIT Press, Cambridge.
35. Stock, J. R. (1992). Reverse logistics. Council of Logistics Management. Oak Brook, Illinois.
36. Stock, J. R. (1998). Development and implementation of reverse logistics programs. Council of Logistics Management. Oak Brooks. Illinois.
37. Thierry, M. C. (1997). "An analysis of the impact of product recovery management on manufacturing companies". Ph.D. Thesis. Erasmus University Rotterdam. The Netherlands.

38. Torres Gmeil, M. et al. (2003). Logística. Temas seleccionados. Tomo 1. Primera Edición. Editorial Feijo .Ciudad de la Habana.
39. Trischler, W. E. (1998). Mejora del valor añadido en los procesos. Barcelona, España.: Ediciones Gestión 2000, S.A.
40. Velásquez Albiol, P. L. (2005). Logística del proceso de almacenamiento. Editorial LOGICUBA. La Habana.
41. Zaratiegui, J. R. (1999). La gestión por procesos: su papel e importancia en la empresa. España.



*Anexos*

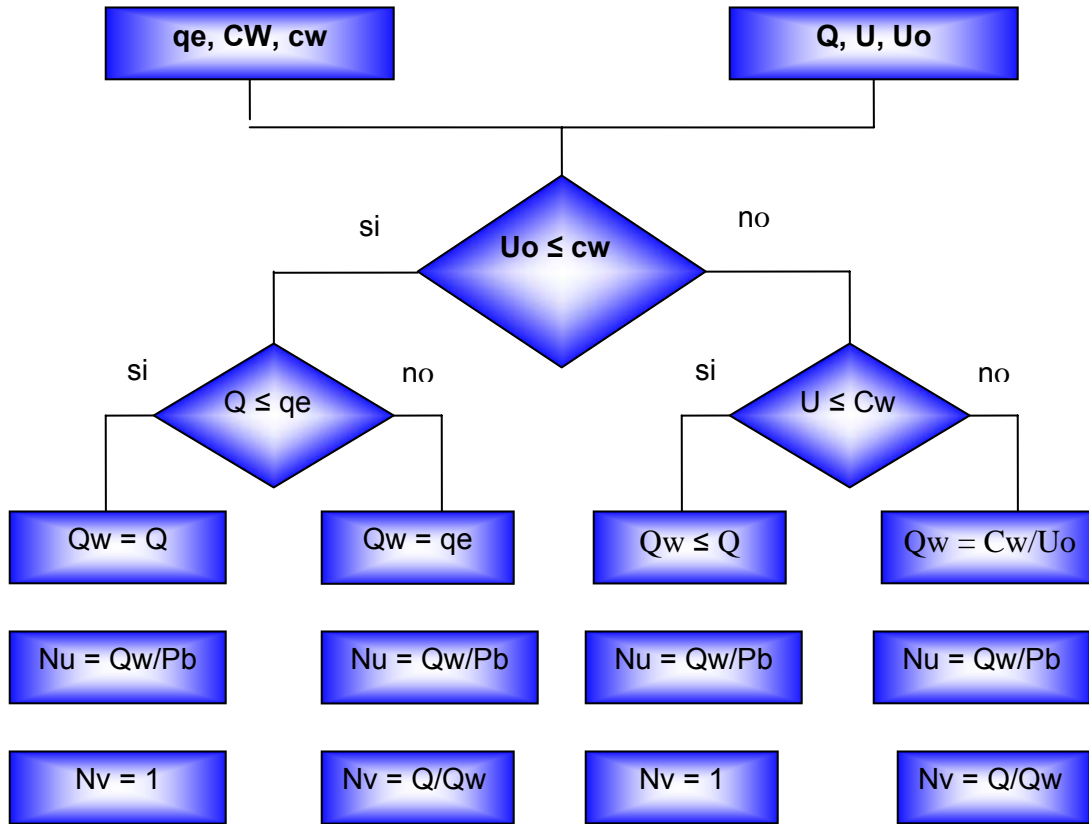
**Anexo1:** Resumen de algunas definiciones de logística

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Knudsen González, 2005; CEL, 1993; Gómez Acosta & Acevedo Suárez 2001; Cespón Castro & Auxiliadora, 2003.

| Fuente bibliográfica   | Definición  |
|--|---|
| Centro Español de Logística [1993]                                       | Es una actividad que incluye dos funciones básicas: la <b>gestión de los materiales</b> , encargada de los flujos materiales en el aprovisionamiento de las materias primas y componentes y en las operaciones de fabricación, hasta el envase del producto terminado; y la <b>gestión de distribución</b> , que considera el embalaje, control de los inventarios de los productos terminados, pasando por los procesos de manipulación, almacenamiento y transporte hasta la entrega del producto al cliente. |
| Sahid C. [1998]  | Es una disciplina que tiene como misión diseñar, perfeccionar y gestionar un sistema capaz de integrar y cohesionar todos los procesos internos y externos de una organización, mediante la provisión y gestión de los flujos de energía, materia e información, para hacerla viable y más competitiva, y en últimas satisfacer las necesidades del consumidor final.   |
| Council of Supply Chain Management Professionals [A partir del año 1998] | Es aquella parte de la gestión de la cadena de suministro que planifica, implementa y controla el flujo y almacenamiento eficiente de bienes, servicios e información, desde el punto de origen al punto de consumo, para satisfacer los requerimientos del cliente.  |
| Gómez Acosta & Acevedo Suárez [2001]                                     | Es la acción del colectivo laboral dirigida a garantizar las actividades de diseño y dirección de los flujos material, informativo y financiero desde sus fuentes de origen hasta sus destinos finales, que deben ejecutarse de forma racional y coordinada con el objetivo de proveer al cliente de productos y servicios en la cantidad, calidad, plazos y lugar demandados con elevada competitividad y garantizando la preservación del medio ambiente.   |

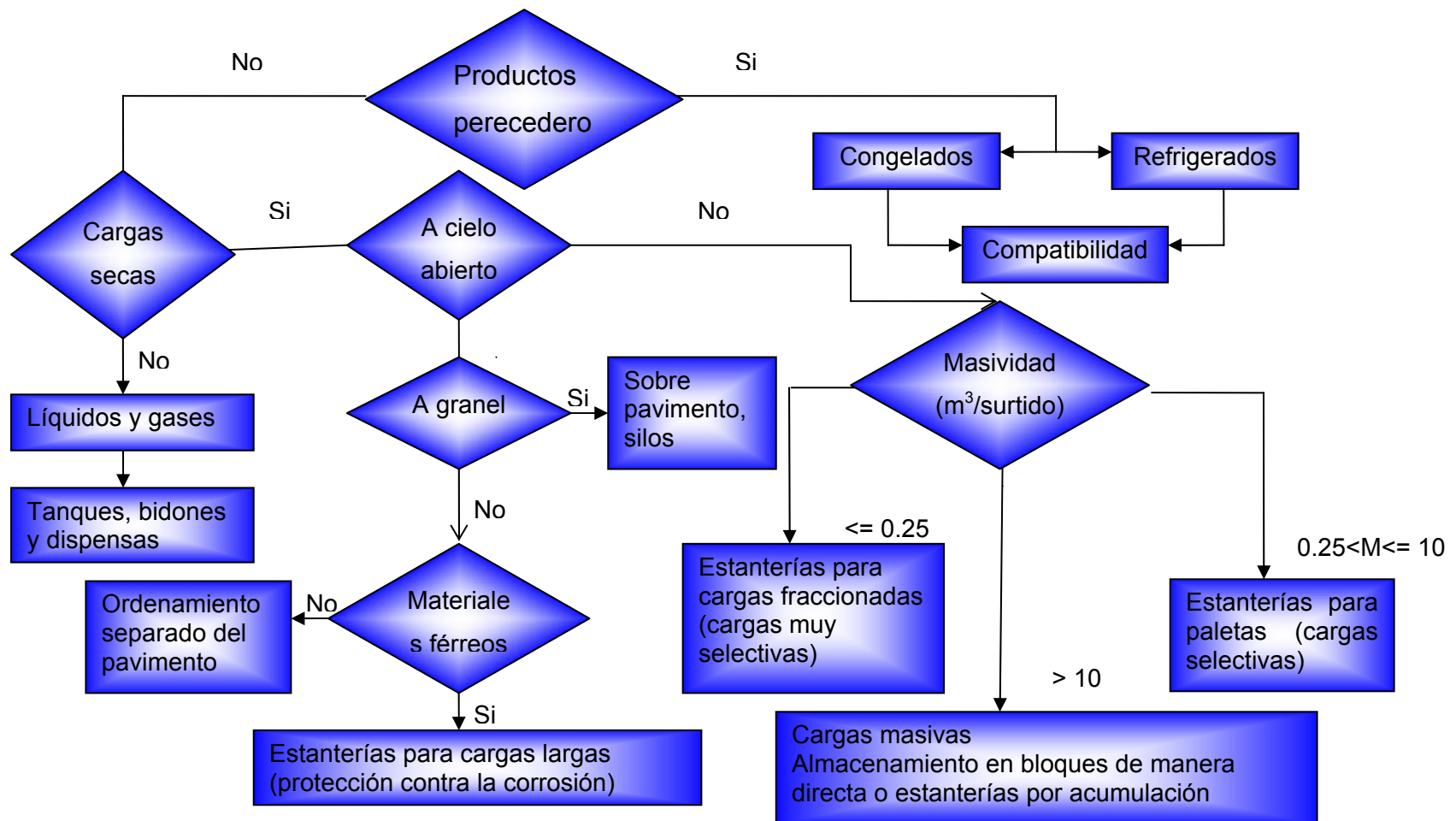
**Anexo 2:** Procedimiento para el cálculo del número de viajes por medios de transporte

**Fuente:** Cespón Castro, R. & Auxiliadora, María. (2003)



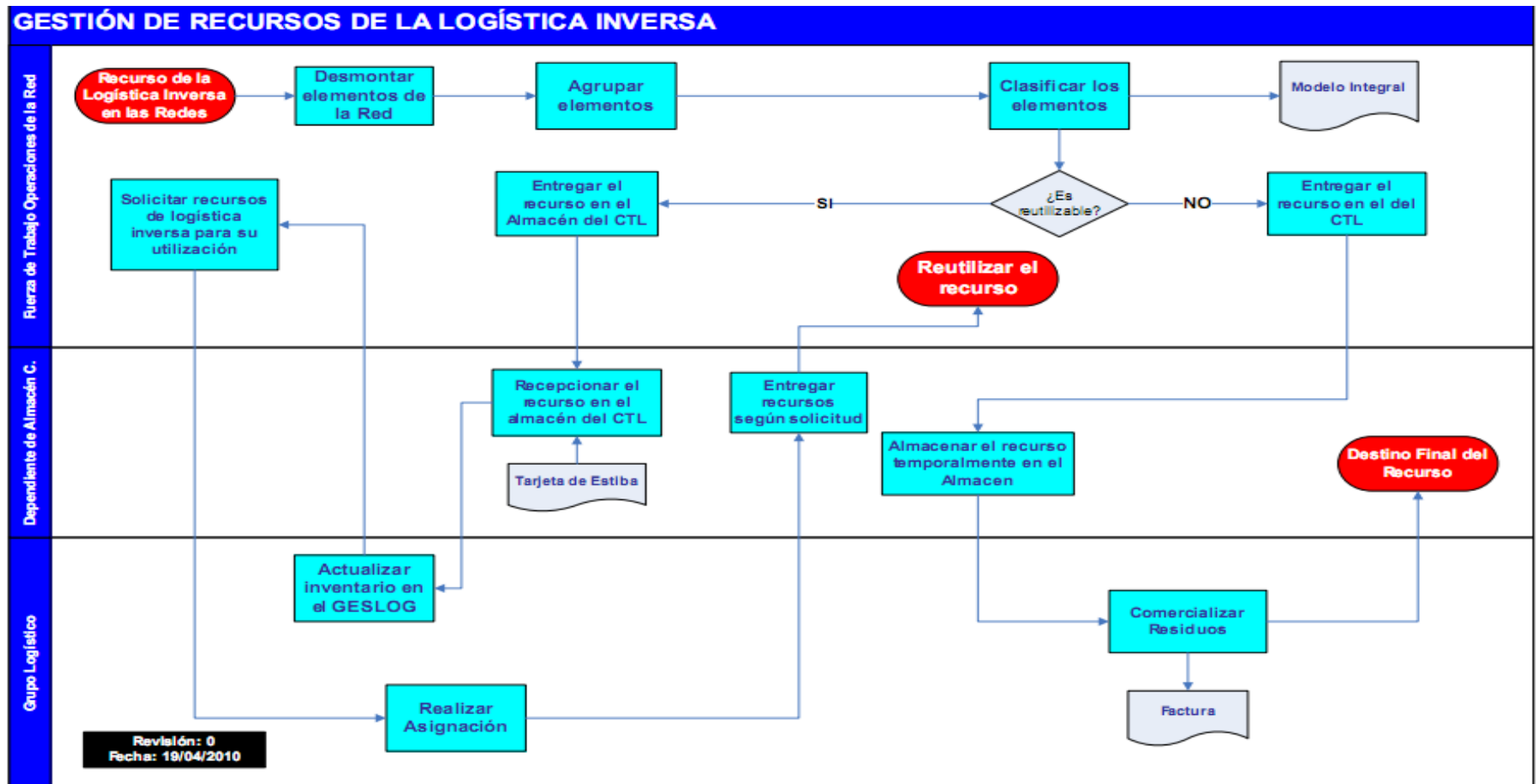
**Anexo 3:** Diagrama para la selección de la tecnología de almacenamiento

Fuente: Velásquez Albiol, (2005)



**Anexo 4:** Flujoograma de Información del proceso de logística inversa en la DTVC de ETECSA

Fuente: Archivo de la empresa 2010



**Anexo 5:** Capacidad en cuanto a volúmen y peso según el tipo de transporte

**Fuente:** Elaboración propia

| Tipo de transporte | Capacidad m <sup>3</sup> | Capacidad t |
|--------------------|--------------------------|-------------|
| Kamaz              | 28                       | 10          |
| Rastra             | 73.15                    | 16          |

**Anexo 6:** Cálculo del número de viajes para cada alternativa**Fuente:** Elaboración propia

**1 Alternativa 1:** Recoger todos los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones con el Kamaz para el mes de octubre.

Según fórmula **2.1**

$$28 \text{ m}^3/10\text{t} = 2.8$$

Según fórmula **2.3**

$$461.45 \text{ m}^3/ 255.22\text{t} = 1.81$$

Según fórmula **2.4**

$$Nv = 255.2\text{t}/10\text{t} = 26 \text{ viajes}$$

**Alternativa 2:** Recoger todos los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones con la Rastra para el mes de octubre.

Según fórmula **2.1**

$$73.15 \text{ m}^3/16\text{t} = 4.53$$

Según fórmula **2.3**

$$461.45 \text{ m}^3/ 255.22\text{t} = 1.81$$

$$Nv = 255.2\text{t}/16\text{t} = 16 \text{ viajes}$$

**Alternativa 3:** Recoger todos los recursos desmontados de las redes de telecomunicaciones con el Kamaz y la Rastra para el mes de octubre.

Según fórmula **2.1**

$$102.15 \text{ m}^3/26\text{t} = 3.92$$

Según fórmula **2.3**

$$461.45 \text{ m}^3/ 255.22\text{t} = 1.81$$

$$Nv = 255.2\text{t}/26\text{t} = 10 \text{ viajes}$$

**Anexo 7:** Cálculo de los gastos de transportación

**Fuente:** Elaboración propia

Para el Kamaz en el mes de Octubre

Teniendo en cuenta fórmula **2.5**

$$Ct = 13364$$

Teniendo en cuenta fórmula **2.6**

$$Gc = 13000$$

$$Gsa = 325$$

$$Ass = 39$$

Para el Rastra en el mes de Octubre

Teniendo en cuenta fórmula **2.5**

$$Ct = 13664$$

Teniendo en cuenta fórmula **2.6**

$$Gc = 13300$$

$$Gsa = 325$$

$$Ass = 39$$

**Anexo 8:** Salida del WinQSB para el mes de octubre con el Kamaz

Fuente: Elaboración propia

| Variable --> | X11        | X21        | X31        | X41        | X51        | Y1     | Direction | R. H. S. |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|-----------|----------|
| Minimize     | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 13364  |           |          |
| C1           | 1          |            |            |            |            |        | =         | 0.54     |
| C2           |            | 1          |            |            |            |        | =         | 0.69     |
| C3           |            |            | 1          |            |            |        | =         | 250      |
| C4           |            |            |            | 1          |            |        | =         | 0.297    |
| C5           |            |            |            |            | 1          |        | =         | 0.70     |
| C6           | 0.018      | 0.0023     | 1          | 0.07439    | 0.046      |        | <=        | 260      |
| C7           | 0.0000179  | 1.775      | 0.427      | 0.000052   | 0.048      |        | <=        | 728      |
| C8           |            |            |            |            |            | 1      | <=        | 2        |
| C9           | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | -260   | <=        | 0        |
| LowerBound   | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0      |           |          |
| UpperBound   | M          | M          | M          | M          | M          | 1      |           |          |
| VariableType | Continuous | Continuous | Continuous | Continuous | Continuous | Binary |           |          |

|   | 09:56:04                 |                       | Tuesday                         | June                      | 15                      | 2010                |
|---|--------------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------|
|   | <b>Decision Variable</b> | <b>Solution Value</b> | <b>Unit Cost or Profit c(j)</b> | <b>Total Contribution</b> | <b>Reduced Cost</b>     | <b>Basis Status</b> |
| 1 | X11                      | 0.5400                | 1.0000                          | 0.5400                    | 0                       | basic               |
| 2 | X21                      | 0.6900                | 1.0000                          | 0.6900                    | 0                       | basic               |
| 3 | X31                      | 250.0000              | 1.0000                          | 250.0000                  | 0                       | basic               |
| 4 | X41                      | 0.2970                | 1.0000                          | 0.2970                    | 0                       | basic               |
| 5 | X51                      | 0.7000                | 1.0000                          | 0.7000                    | 0                       | basic               |
| 6 | Y1                       | 1.0000                | 13,364.0000                     | 13,364.0000               | 13,364.0000             | at bound            |
|   | <b>Objective</b>         | <b>Function</b>       | <b>(Min.) =</b>                 | <b>13,616.2300</b>        |                         |                     |
|   | <b>Constraint</b>        | <b>Left Hand Side</b> | <b>Direction</b>                | <b>Right Hand Side</b>    | <b>Slack or Surplus</b> | <b>Shadow Price</b> |
| 1 | C1                       | 0.5400                | =                               | 0.5400                    | 0                       | 1.0000              |
| 2 | C2                       | 0.6900                | =                               | 0.6900                    | 0                       | 1.0000              |
| 3 | C3                       | 250.0000              | =                               | 250.0000                  | 0                       | 1.0000              |
| 4 | C4                       | 0.2970                | =                               | 0.2970                    | 0                       | 1.0000              |
| 5 | C5                       | 0.7000                | =                               | 0.7000                    | 0                       | 1.0000              |
| 6 | C6                       | 250.0656              | <=                              | 260.0000                  | 9.9344                  | 0                   |
| 7 | C7                       | 108.0084              | <=                              | 728.0000                  | 619.9916                | 0                   |
| 8 | C8                       | 1.0000                | <=                              | 2.0000                    | 1.0000                  | 0                   |
| 9 | C9                       | -7.7730               | <=                              | 0                         | 7.7730                  | 0                   |

**Anexo 8 Continuación.** Salida del WinQSB para el mes de octubre con la Rastra

Fuente: Elaboración propia

| Variable --> | X12        | X22        | X32        | X42        | X52        | Y2     | Direction | R. H. S. |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|-----------|----------|
| Minimize     | 0.95       | 0.95       | 0.95       | 0.95       | 0.95       | 13664  |           |          |
| C1           | 1          |            |            |            |            |        | =         | 0.054    |
| C2           |            | 1          |            |            |            |        | =         | 0.69     |
| C3           |            |            | 1          |            |            |        | =         | 250      |
| C4           |            |            |            | 1          |            |        | =         | 0.297    |
| C5           |            |            |            |            | 1          |        | =         | 0.70     |
| C6           | 0.018      | 0.0023     | 1          | 0.07439    | 0.046      |        | <=        | 256      |
| C7           |            |            |            |            |            |        | <=        | 1170.4   |
| C8           |            |            |            |            |            |        | <=        | 2        |
| C9           | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | -256   | <=        | 0        |
| LowerBound   | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0      |           |          |
| UpperBound   | M          | M          | M          | M          | M          | 1      |           |          |
| VariableType | Continuous | Continuous | Continuous | Continuous | Continuous | Binary |           |          |

|   | 10:02:36                 |                       | Tuesday                         | June                      | 15                      | 2010                |
|---|--------------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------|
|   | <b>Decision Variable</b> | <b>Solution Value</b> | <b>Unit Cost or Profit c(j)</b> | <b>Total Contribution</b> | <b>Reduced Cost</b>     | <b>Basis Status</b> |
| 1 | X12                      | 0.0540                | 0.9500                          | 0.0513                    | 0                       | basic               |
| 2 | X22                      | 0.6900                | 0.9500                          | 0.6555                    | 0                       | basic               |
| 3 | X32                      | 250.0000              | 0.9500                          | 237.5000                  | 0                       | basic               |
| 4 | X42                      | 0.2970                | 0.9500                          | 0.2822                    | 0                       | basic               |
| 5 | X52                      | 0.7000                | 0.9500                          | 0.6650                    | 0                       | basic               |
| 6 | Y2                       | 1.0000                | 13,664.0000                     | 13,664.0000               | 13,664.0000             | at bound            |
|   | <b>Objective</b>         | <b>Function</b>       | <b>(Min.) =</b>                 | <b>13,903.1500</b>        |                         |                     |
|   | <b>Constraint</b>        | <b>Left Hand Side</b> | <b>Direction</b>                | <b>Right Hand Side</b>    | <b>Slack or Surplus</b> | <b>Shadow Price</b> |
| 1 | C1                       | 0.0540                | =                               | 0.0540                    | 0                       | 0.9500              |
| 2 | C2                       | 0.6900                | =                               | 0.6900                    | 0                       | 0.9500              |
| 3 | C3                       | 250.0000              | =                               | 250.0000                  | 0                       | 0.9500              |
| 4 | C4                       | 0.2970                | =                               | 0.2970                    | 0                       | 0.9500              |
| 5 | C5                       | 0.7000                | =                               | 0.7000                    | 0                       | 0.9500              |
| 6 | C6                       | 250.0569              | <=                              | 256.0000                  | 5.9431                  | 0                   |
| 7 | C7                       | 0                     | <=                              | 1,170.4000                | 1,170.4000              | 0                   |
| 8 | C8                       | 0                     | <=                              | 2.0000                    | 2.0000                  | 0                   |
| 9 | C9                       | -4.2590               | <=                              | 0                         | 4.2590                  | 0                   |

**Anexo 8 Continuación:** Salida del WinQSB para el mes de octubre utilizando el Kamaz y la Rastra

Fuente: Elaboración propia

| Variable ->  | X11        | X21        | X31        | X41        | X51        | X12        | X22        | X32        | X42        | X52        |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Minimize     | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 0.95       | 0.95       | 0.95       | 0.95       | 0.95       |
| C1           | 1          |            |            |            |            | 1          |            |            |            |            |
| C2           |            | 1          |            |            |            |            | 1          |            |            |            |
| C3           |            |            | 1          |            |            |            |            | 1          |            |            |
| C4           |            |            |            | 1          |            |            |            |            | 1          |            |
| C5           |            |            |            |            | 1          |            |            |            |            | 1          |
| C6           | 0.018      | 0.0023     | 1          | 0.07439    | 0.046      | 0.018      | 0.0023     | 1          | 0.07439    | 0.046      |
| C8           | 0.0000179  | 1.177      | 0.427      | 0.000052   | 0.000078   | 0.0000179  | 1.177      | 0.427      | 0.000052   | 0.000078   |
| C10          |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
| C11          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |
| LowerBound   | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| UpperBound   | M          | M          | M          | M          | M          | M          | M          | M          | M          | M          |
| VariableType | Continuous | Continuous | Continuous | Continuous | Continuous | Continuous | Continuous | Continuous | Continuous | Continuous |

| Y1     | Y2     | Direction | R. H. S. |
|--------|--------|-----------|----------|
| 13364  | 13664  | =         | 0.54     |
|        |        | =         | 0.69     |
|        |        | =         | 250      |
|        |        | =         | 0.297    |
|        |        | =         | 0.7      |
|        |        | <=        | 260      |
|        |        | <=        | 1011.5   |
| 1      | 1      | <=        | 2        |
| -260   | -256   | <=        | 0        |
| 0      | 0      |           |          |
| 1      | 1      |           |          |
| Binary | Binary |           |          |

|    | 10:00:27                 |                       | Tuesday                         | June                      | 15                      | 2010                |
|----|--------------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------|
|    | <b>Decision Variable</b> | <b>Solution Value</b> | <b>Unit Cost or Profit c(j)</b> | <b>Total Contribution</b> | <b>Reduced Cost</b>     | <b>Basis Status</b> |
| 1  | X11                      | 0                     | 1.0000                          | 0                         | 0.0500                  | at bound            |
| 2  | X21                      | 0                     | 1.0000                          | 0                         | 0.0500                  | at bound            |
| 3  | X31                      | 0                     | 1.0000                          | 0                         | 0.0500                  | at bound            |
| 4  | X41                      | 0                     | 1.0000                          | 0                         | 0.0500                  | at bound            |
| 5  | X51                      | 0                     | 1.0000                          | 0                         | 0.0500                  | at bound            |
| 6  | X12                      | 0.5400                | 0.9500                          | 0.5130                    | 0                       | basic               |
| 7  | X22                      | 0.6900                | 0.9500                          | 0.6555                    | 0                       | basic               |
| 8  | X32                      | 250.0000              | 0.9500                          | 237.5000                  | 0                       | basic               |
| 9  | X42                      | 0.2970                | 0.9500                          | 0.2822                    | 0                       | basic               |
| 10 | X52                      | 0.7000                | 0.9500                          | 0.6650                    | 0                       | basic               |
| 11 | Y1                       | 1.0000                | 13,364.0000                     | 13,364.0000               | 13,364.0000             | at bound            |
| 12 | Y2                       | 0                     | 13,664.0000                     | 0                         | 13,664.0000             | at bound            |
|    | <b>Objective</b>         | <b>Function</b>       | <b>(Min.) =</b>                 | <b>13,603.6200</b>        |                         |                     |
|    | <b>Constraint</b>        | <b>Left Hand Side</b> | <b>Direction</b>                | <b>Right Hand Side</b>    | <b>Slack or Surplus</b> | <b>Shadow Price</b> |
| 1  | C1                       | 0.5400                | =                               | 0.5400                    | 0                       | 0.9500              |
| 2  | C2                       | 0.6900                | =                               | 0.6900                    | 0                       | 0.9500              |
| 3  | C3                       | 250.0000              | =                               | 250.0000                  | 0                       | 0.9500              |
| 4  | C4                       | 0.2970                | =                               | 0.2970                    | 0                       | 0.9500              |
| 5  | C5                       | 0.7000                | =                               | 0.7000                    | 0                       | 0.9500              |
| 6  | C6                       | 250.0656              | <=                              | 260.0000                  | 9.9344                  | 0                   |
| 7  | C8                       | 107.5622              | <=                              | 1,011.5000                | 903.9378                | 0                   |
| 8  | C10                      | 1.0000                | <=                              | 2.0000                    | 1.0000                  | 0                   |
| 9  | C11                      | -7.7730               | <=                              | 0                         | 7.7730                  | 0                   |