



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

Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: *Procedimiento multicriterio para el diseño, implantación y control de rutas. Aplicación a la distribución de la leche concentrada y el yogurt de soya en la Empresa de Productos Lácteos "La Villareña" de Santa Clara.*

Autores: Yankiel Bello Fernández Yuniel González Oquendo

Tutor: Ms. C. Daynier Rolando Delgado Sobrino

Curso
(2008 - 2009)

CON SU ENTRANABLE TRANSPARENCIA



Pensamiento



La ciencia es el alma de la prosperidad de las naciones y la fuente de vida de todo progreso.

Louis Pasteur

Dedicataria



Dedicatoria:

A mi abuela Violeta por ser lo más grande que tengo en la vida.

Yuniel



Dedicatoria:

A mi mamá y mi abuela por el apoyo de toda la vida.

Yankiel

Agradecimientos



Agradecimientos:

En primer lugar a mi mamá y a mi abuela por ser partícipe de todos mis logros

A mi papá por siempre sentirse orgulloso de mí

A mis abuelos, tíos y primos por el apoyo brindado en la medida de lo posible

A mi hermana que es la luz de mis ojos

A mi madrastra y padrastro

A mi tutor por su ayuda

A mis compañeros de cuarto y de carrera por hacer estos 5 años más amenos e inolvidables

A los amigos que han estado a mi lado y los que no han podido hacerlo

A los que me alentaron cuando lo necesité

A todos los que de una forma u otra hicieron posible este sueño

Yankiel



Agradecimientos:

A mi abuelita Violeta por estar siempre a mi lado y ser más que una madre.

A mi madre por ser como una hermana para mí.

A mi papá por estar siempre a mi lado apoyándome en todo.

A mi familia en general desde los más allegados hasta los que menos veo.

A mis amigos de la universidad y a los que no son de aquí también, que son muchos y nombrarlos sería hacer una lista interminable, pero que siempre han estado conmigo y los tengo presente.

A los que no creyeron posible que Yankiel y yo no lograríamos hacer algo bueno juntos a pesar de las malas pulgas y resabios que ambos a veces nos tenemos.

En fin a todos GRACIAS.

Yuniel

Resumen



Resumen

La toma de decisiones logísticas con enfoque multicriterio posee una importancia significativa en el aumento del desempeño de la distribución y el mejoramiento del Nivel de Servicio al Cliente (NSC). Tradicionalmente, las decisiones de este tipo se han basado únicamente en la subjetividad de los miembros de las organizaciones dedicadas a la producción de derivados de productos lácteos, y en el mejor de los casos, a partir de modelos desarrollados que excluyen el tratamiento de múltiples criterios de decisión, que en la práctica, pueden entrar en conflicto. En esta investigación se superan estos problemas mediante el desarrollo y aplicación parcial de un procedimiento general y sus procedimientos específicos para el diseño, implantación y control de rutas con enfoque multicriterio, quien constituye una novedad científica en la cadena del Yogurt de Soya y de la Leche Concentrada de la Empresa de Productos Lácteos La Villareña de Santa Clara. Los procedimientos específicos desarrollados se dirigieron: al diagnóstico, a la determinación del NSC, a analizar la decisión de tercerizar, a la búsqueda local de soluciones basada en operadores vecindarios y a la selección de vías como base a la elaboración de las matrices vías y distancias. Los resultados obtenidos, estuvieron precedidos por el análisis de algunos de los principales términos y definiciones que engloban las temáticas de toma de decisiones, métodos metaheurísticos, NSC, ruteo de vehículos y Gestión de la cadena de suministro, quienes se adecuaron a las condiciones específicas existentes en las cadenas bajo estudio. Los procedimientos y métodos aplicados permitieron detallar el estado actual de las cadenas seleccionadas y la relevancia del ruteo de vehículos, determinar el NSC, el indicador propuesto en la investigación (IINDD/A), así como fueron analizadas otras etapas del procedimiento propuesto que sentaron las bases para la continuidad del estudio.

Summary



Summary

Decision-making approach with multicriteria logistics has a significant importance in increasing the performance of the distribution and improving the level of customer service (NSC). Traditionally, such decisions are based solely on the subjectivity of the members of the organizations involved in the production of derivative products, and in the best case, developed from models that exclude the treatment of multiple criteria decision, which in practice may conflict. In this research, these problems are overcome through the development and partial implementation of a general and specific procedures for the design, implementation and monitoring of multi-route approach, which constitutes a novelty in the chain of scientific Yogurt and Soy Milk Concentrated Milk Products Company The Villareña Santa Clara. The procedures developed specific targets: the diagnosis, the determination of the NSC, to discuss the decision to outsource, to search for solutions based on local neighborhood operators and the selection of channels as a basis for drawing up the routes and distances matrices. The results were preceded by the analysis of some key terms and definitions that cover the topics of decision making, metaheuristic methods, NSC, vehicle routing and management of the supply chain, which was consistent with the specific conditions in chains under study. The procedures and methods used helped to detail the current state of the selected channels and the significance of the routing of vehicles, to determine the NSC, the indicator proposed in the research (IINDD / A), and analyzed other phases of the proposed procedure which laid the foundation for continued study.

Índice



Índice	Pág.
Introducción	1
Capítulo 1. Marco Teórico – Referencial	5
1.1. Introducción.....	6
1.2. Conceptos generales sobre la Logística. Desarrollo histórico.....	7
1.2.1. Actividades claves de la logística.....	8
1.3. Logística de aprovisionamiento.....	9
1.3.1. Actividades del aprovisionamiento.....	10
1.4. Logística de distribución. Tipos de flujos y funciones de la distribución física. Canal de distribución.....	11
1.5. Definiciones de rutas de distribución y aprovisionamiento.....	13
1.6. Grupos de métodos fundamentales para el problema de ruta.....	13
1.6.1. Métodos de Optimización (Métodos Exactos).....	14
1.6.2. Métodos de Prueba y Error (Métodos Aproximados).....	17
1.6.3. Métodos heurísticos.....	21
1.7. Enfoques referidos al ruteo de vehículos en la distribución y/o aprovisionamiento de productos en Pasteurizadoras.....	32
1.8. Conclusiones parciales	33
Capítulo 2. Procedimiento general para el ruteo de vehículos en la distribución de productos	35
2.1. Introducción.....	35
2.2. Desarrollo del procedimiento general para el diseño de rutas en la distribución de productos.....	35
2.2.1. Fase 1: Especificar y planificar.....	35
2.2.2. Fase 2: Diseñar.....	42
2.2.3. Fase 3: Ejecutar.....	54
2.2.4. Fase 4: Evaluar y controlar.....	54
2.3. Conclusiones parciales.....	55
Capítulo 3. Aplicación parcial del procedimiento general en la Pasteurizadora Placetas para la distribución de leche pasteurizada destinada a los niños	57
3.1. Introducción.....	57
3.2. Desarrollo de la aplicación parcial del procedimiento general en la Pasteurizadora de Placetas.....	57
3.2.1. Fase 1: Especificar y planificar.....	57
3.2.2. Fase 2: Diseñar.....	61



3.2.3. Fase 3: Ejecutar.....	68
3.2.4. Fase 4: Evaluar y controlar.....	68
3.3. Conclusiones parciales.....	69
Conclusiones generales.....	70
Recomendaciones.....	71
Bibliografía.....	72
Anexos	

Introducción

Introducción

Con el avance de la tecnología y los constantes cambios a los que está sujeta la misma, así como el rigor que exige mantenerse en el mercado hace que muchas empresas clasificadas como débiles lleguen a quebrar o a perder parte del mercado. Esto se debe en gran medida a la falta del empleo de técnicas, métodos y herramientas que posibiliten que todas las partes que componen la cadena de suministros se beneficien.

La Gestión de la Cadena de Suministros (SCM, según sus siglas en inglés), está surgiendo como la combinación de la tecnología y las mejores prácticas de negocios en todo el mundo. Las compañías que han mejorado sus operaciones internas ahora están trabajando para lograr mayores ahorros y beneficios al mejorar los procesos y los intercambios de información que ocurren entre los asociados de negocios.

Con el objetivo de mantenerse al nivel del mercado nacional e internacional en muchas empresas cubanas se están utilizando nuevos enfoques que beneficien a todas las partes que componen la cadena de suministros para llevar al mercado un producto con la calidad requerida, que pueda satisfacer en su plenitud las expectativas y exigencias impuestas por los clientes. En este caso se encuentran las empresas lácteas cubanas, las cuales en esencia producen y distribuyen productos alimenticios con un alto valor nutritivo, donde la mayoría de la materia prima es de carácter importado lo cual representa un alto costo para el país por el carácter subsidiado que tiene. La importancia fundamental de estas empresas radica en que sus clientes pertenecen en su mayoría a un sector vulnerable de la población, como lo son las personas con dietas especiales y menores de 6 años de edad (leche concentrada), y niños de 7 a 12 años de edad (yogurt). La escasez de medios de transporte, el mal estado de los existentes, la falta de recursos, la falta de sincronización en las capacidades de los procesos, la forma empírica, subjetiva y de cierta forma monocriterio en que se basan para realizar la distribución, los elevados precios del combustible y el largo período de explotación de los equipos son algunos de los principales elementos que hacen que estos procesos logísticos tengan un elevado costo, que su nivel de servicio al cliente (NSC) no sea el adecuado, que se vea afectado el desenvolvimiento de la cadena de suministro, y esto a su vez trae consigo la insatisfacción del cliente y la desventaja con posibles competidores dejando mucho que decir en cuanto a su prestigio y reputación. Para afrontar estos retos, la industria cubana debe evolucionar modificando la estructura de la cadena de suministro, las relaciones entre sus componentes y los roles que desempeñan. En el caso de la cadena de leche concentrada y de yogurt de soya por la importancia social que tienen han acaparado el interés de la empresa por los problemas ya expuestos y además por otros más específicos como lo es el hecho de que nunca se han realizado estudios para evaluar el nivel de servicio al cliente, el ruteo de vehículos se hace de

forma empírica y completamente subjetiva, no se ha realizado un diagnóstico exhaustivo que arroje de una manera validada el estado actual de las cadenas, la identificación y diseño de los procesos logísticos y además la falta de conocimiento sobre métodos y técnicas para la solución de los mismos, en breve síntesis devienen la **situación problemática** que ha dado lugar a la investigación.

Para dar solución a las problemáticas citadas anteriormente, se precisa del desarrollo de herramientas metodológicas que considerando las características y particularidades de la industria láctea cubana, guíen el proceso de diseño, implantación y control de rutas de distribución para el caso de la leche concentrada y el yogurt de soya, lo cual constituye **problema científico** a resolver en la investigación.

En correspondencia con los aspectos señalados anteriormente se planteó como **hipótesis general de la investigación** la siguiente: ¿Es posible desarrollar un procedimiento que permita el diseño, implantación y control de rutas de distribución para el caso de la leche concentrada y el yogurt de soya, considerando las características y particularidades de la industria láctea cubana y que incluya en su estructura herramientas para el diagnóstico, la medición del NSC, la determinación de las mejores vías entre nodos, la conformación y mejora de las rutas diseñadas y la determinación del nivel de desempeño de la distribución (IINDA/D)?

Esta hipótesis quedará validada si:

1. Se logra desarrollar un procedimiento que permita el diseño, implantación y control de rutas de distribución para el caso de la leche concentrada y el yogurt de soya, considerando las características y particularidades de la industria láctea cubana.
2. El procedimiento propuesto incluye en su estructura herramientas para el diagnóstico, la medición del NSC, la determinación de las mejores vías entre nodos, la conformación y mejora de las rutas diseñadas y la determinación del nivel de desempeño de la distribución (IINDA/D).
3. Se logra aplicar de forma parcial y con resultados alentadores las fases del procedimiento, encaminadas a determinar el estado actual de la distribución de la leche concentrada y el yogurt de soya, incluyendo el desempeño del proceso de distribución y el NSC y se logran determinar y plasmar en matrices las vías adecuadas entre los nodos de la red y sus respectivas distancias.

A fin con todo lo expuesto el **objetivo general de la investigación** es desarrollar un procedimiento general para el diseño, implantación y control de rutas de distribución para el caso de la leche concentrada y el yogurt de soya, considerando las características y particularidades de la industria láctea cubana y que incluya en su estructura herramientas para el diagnóstico, la medición del NSC, la determinación de las mejores vías entre nodos y la determinación del nivel

de desempeño de la distribución (IINDA/D), superando las deficiencias detectadas y reflejadas en la situación problemática y realizando una aplicación parcial del mismo en la Empresa de Productos Lácteos La Villareña Santa Clara para los productos señalados.

Para elaborar un procedimiento que permita el cumplimiento del objetivo general es necesario trazar una serie de **objetivos específicos**, como son:

1. Realizar un marco teórico referencial haciendo una revisión de todo lo encontrado en las literaturas tanto nacionales como internacionales.
2. Seleccionar la(s) cadena objeto de estudio
3. Desarrollar un procedimiento específico para:
 - Diagnosticar la cadena y determinar el NSC y el IINDD/A existentes.

Para cumplir los objetivos específicos trazados, el estudio estará conformado por:

- ✓ Resumen
- ✓ Introducción
- ✓ Capítulo 1: “Marco teórico-Referencial”
- ✓ Capítulo 2: “Procedimiento general para el diseño, implantación y control de rutas en cadenas de productos lácteos”
- ✓ Capítulo 3: “Aplicación de los resultados de la investigación a la distribución de la Leche Concentrada y el Yogurt de soya”
- ✓ Conclusiones
- ✓ Recomendaciones
- ✓ Bibliografía
- ✓ Anexos

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron métodos y técnicas matemáticas, entrevistas, el enfoque en proceso, ayuda de *softwares* para el procesamiento de datos, métodos estadísticos no paramétricos así como el de la entropía y un modelo grupal y método multicriterio

Capítulo I

Capítulo I. Marco Teórico – Referencial

En el presente Capítulo se resume de manera general todo lo relacionado con la revisión bibliográfica de los distintos temas que sustentan esta investigación, el hilo conductor del mismo aparece en la Figura 1.1 cuya estructura gráfica ha sido ideada para que se entiendan los vínculos necesarios entre cada uno de sus componentes.

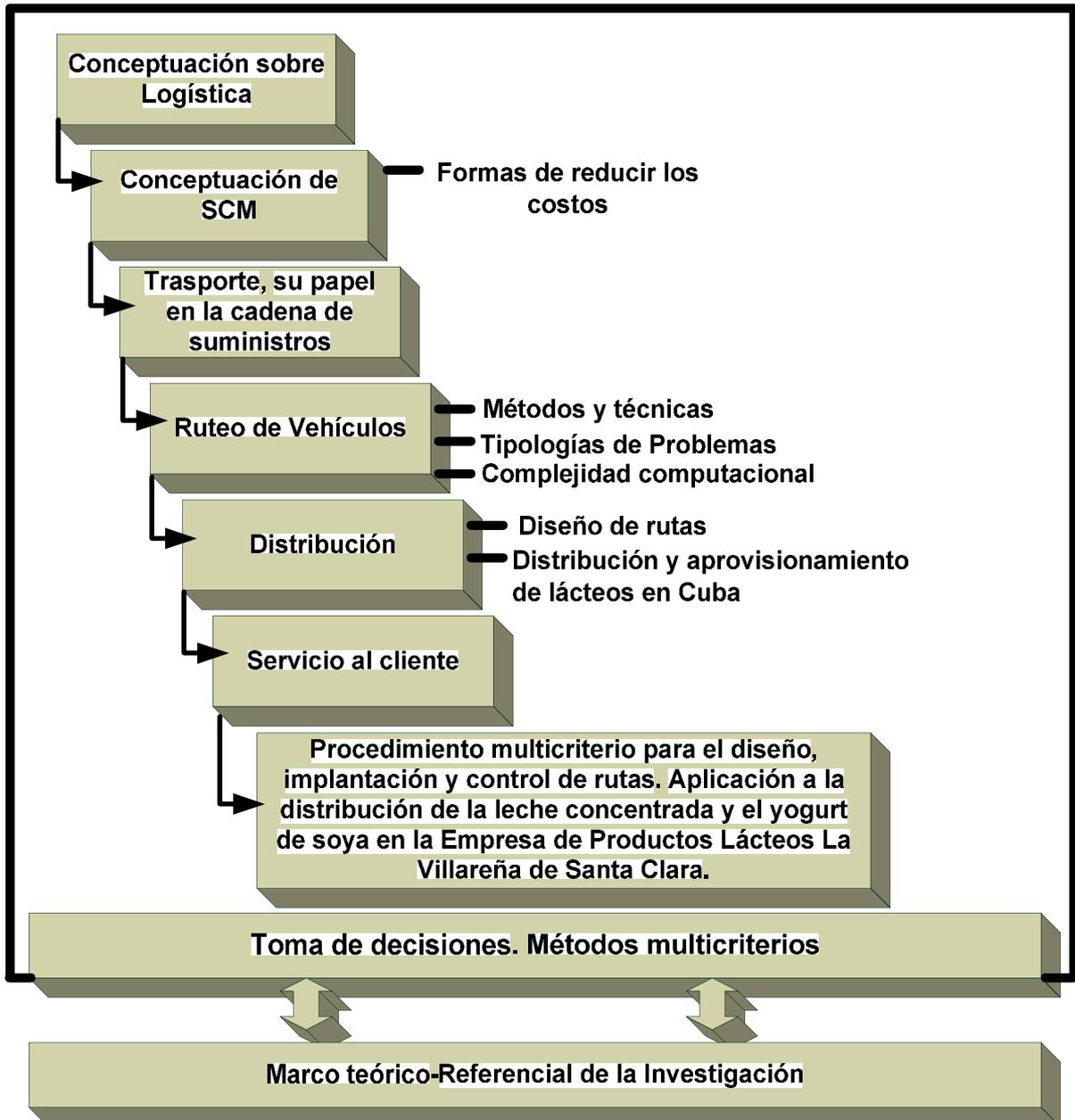


Figura 1.1. Hilo conductor del Marco Teórico-Referencial de la Investigación. Fuente: Elaboración propia.

1.1 - Conceptuación sobre Logística

Para muchas empresas la satisfacción del cliente es lo primordial. El consumidor consigue el producto en el tiempo y lugar preciso, lo compra y se va. Sin embargo, detrás de esa demanda existe todo un proceso de producción y distribución que contribuye a maximizar la flexibilidad de respuesta de cada cliente; es necesario haber estudiado con anterioridad el nivel del mercado y los lugares precisos donde se va a vender ese producto. Precisamente la logística coordina y planifica diferentes actividades con el objeto de que el producto llegue a su usuario final en el tiempo, forma adecuada y al menor costo y efectividad posible.

Logística es un término que frecuentemente se asocia con la distribución y transporte de productos terminados; sin embargo, ésa es una apreciación parcial, en la literatura referenciada son muchas las acepciones y conceptos dados acerca de este término, tal es el caso de Ballou [1991], Comas Pullés [1996], Santos Norton [1996], Blanchard [2000], Gómez Acosta & Acevedo Suárez [2000], entre otros, todas se pueden resumir, a juicio de los autores, basado en Cespón Castro & Amador Orellana [2003], en que no es más que "...el proceso de gestionar los flujos materiales e informativos de materias primas, inventario 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",

Según el Centro Español de Logística (CEL) [1993] "... es una actividad que incluye dos funciones básicas: la gestión de los materiales, 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 gestión de distribución, 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."

En los procesos de racionalización de los procesos productivos, el diseño y rediseño de las redes logísticas y las cadenas de suministro son una pieza fundamental para la especialización y la efectividad logística. Esto implica el aprovechamiento de las economías de escala de producción, la consolidación de inventarios efectivos y la capacidad de llegar a los clientes con una variedad y surtido de productos y a un precio competitivo.

En resumen los autores de la presente investigación y en correspondencia con lo antes expuesto y revisado en la literatura, llegaron a la conclusión de que la logística se centra en la coordinación interna en cuanto a la administración de materiales (materia prima), el reflejo material a través de la producción (trabajo en proceso), y la distribución física. En otras palabras, la logística comienza con la necesidad de pedidos de materias primas y termina cuando el producto final es entregado incluyendo todo lo relacionado con la transportación que involucra lo

concerniente a la elección de una apropiada ruta de distribución para hacer aún más efectiva la gestión de la cadena de suministro.

1.2 - Conceptuación sobre la Cadena de Suministro y su Gestión

Hoy día los desafíos logísticos más difíciles tienen que ver con los procesos de integración dentro y fuera de la empresa. Todo proceso de integración logística revela que las dificultades para la integración interfuncional están en las mismas estructuras organizacionales, en la responsabilidad efectiva de los inventarios, en las prácticas de compartir información y en la naturaleza de los sistemas de medición del desempeño. Para satisfacer los nuevos objetivos de desempeño, el proceso logístico debe integrar todo el trabajo necesario y obviamente evitar el que no sea necesario. El trabajo interno relacionado con la logística de la empresa por un lado, debe ser coordinado y por otro integrarse operativamente a lo largo de la cadena de suministros. Una cadena de suministros es una red de instalaciones y medios de distribución que tiene por función la obtención de materiales, transformación de dichos materiales en productos intermedios y terminados y distribución de estos últimos a los consumidores [Sasson Rodes, 2005].

Otra forma de enfocar el concepto de cadena de suministro es el tratado por los autores Schroeder [2005], Acevedo Suárez, Urquiaga Rodríguez & Gómez Acosta [2001], quienes coincidieron en definirla como una secuencia de procesos e información que proporciona un producto o servicio desde los proveedores hasta el cliente, en última instancia.

Según la literatura que aborda el tema los autores antes citados así como Jiménez Sánchez & Hernández García [2002] dicen que una cadena de suministros consta de tres partes: el suministro, la fabricación y la distribución. La parte del suministro se centra en cómo, dónde y cuándo se consiguen y suministran las materias primas para fabricación. La fabricación convierte estas materias primas en productos terminados y la distribución se asegura de que dichos productos finales lleguen al consumidor a través de una red de distribución, almacenes y comercios minoristas. En el caso de la presente investigación, los objetivos de la misma han de estar enfocados al diseño de las rutas de distribución para tributar de una manera más eficaz al desempeño de este proceso logístico.

La Gestión de la Cadena de Suministro (SCM según sus siglas en inglés) es la integración de diversos procesos del negocio y de otras organizaciones, desde el usuario final hasta los proveedores originales, que proporcionan productos, servicios e informaciones que agregan valor para el cliente [Gómez Acosta & Acevedo Suárez, 2001]. Además posee tres objetivos básicos: reducir el inventario, aumentar la rapidez en las transacciones mediante el intercambio de datos en tiempo real y el aumento de ventas mediante un mejor servicio al cliente. El gran impacto alcanzado por las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) posibilita la adopción

de cadenas cada vez más extendidas en la geografía nacional y mundial con lo que se logra integrar a la cadena los eslabones más competitivos.

Con el desarrollo de las nuevas TIC y los sistemas de transporte se posibilita que estas unidades empresariales incrementen significativamente el radio medio de distribución a partir de las economías alcanzadas [Acevedo Suárez, Urquiaga Rodríguez & Gómez Acosta, 2001].

A partir de lo anteriormente planteado se concluye que SCM no es más que el término utilizado para identificar el conjunto de procesos de producción y logística cuyo objetivo final es la entrega de un producto a un cliente, todo esto quiere decir que la Cadena de Suministro incluye las actividades necesarias desde la obtención de la materia prima para la transformación en un producto hasta su colocación en el mercado y que surge con el fin de unir numerosos eslabones de la cadena a través de la optimización de cada uno de ellos mientras se intenta controlar los cambios que pueden sucederse dentro de ellos.

1.2 - Conceptuación sobre la Cadena de Suministro y su Gestión

Toda empresa debe trazar estrategias para reducir sus costos o su cadena de suministros puede fracasar. Para realizar un análisis con vistas a reducir costos en la cadena de suministros se tienen que tomar en cuenta los costos de transportación, de adquisición, de distribución y de almacenamiento.

Según la literatura consultada [Schroeder (2005); Cespón Castro & Amador Orellana (2003); Knudsen González (2005)] existen algunas formas de reducir los costos de una manera lógica en la cadena de suministro, como son:

Analizar y negociar todos los gastos: el usar las economías de escala al comprar es fundamental para empresas con limitaciones de presupuesto. Esto significa evaluar cómo se compra una amplia gama de productos y servicios, desde materias primas y embalajes hasta servicios profesionales y gastos de viajes. (Unión con otras compañías para las compras, designación de proveedores preferidos a cambio de precios especiales, establecer subastas para artículos que compra la compañía en busca de mejores precios y con ellos presionar a los proveedores actuales).

Externalizar basándose en qué, no en dónde: considerar la contratación de recursos externos para actividades que no sean las competencias principales de su compañía (tareas como el servicio al cliente, los envíos de correos a clientes, los recursos humanos, el análisis de datos y la seguridad de red, son más eficaces cuando se subcontratan).

Simplificar los envíos: Usar sitios Web de abastecimiento estratégico para ahorrar dinero en sus envíos, selección de proveedores de transporte que usen contenedores que su compañía pueda volver a utilizar o devolver a cambio de un descuento en envíos futuros.

Entender las necesidades de los clientes: ser consciente de las expectativas de los clientes ayuda a las compañías a crear sus procesos de almacenamiento y envío.

Según Christopher [1992], Acevedo Suárez et al. [2001], Gómez Acosta & Acevedo Suárez [2001], se podría decir que son varios los aspectos que se tienen que tomar en cuenta para optimizar la cadena de suministro y por tanto minimizar sus costos, entre ellos: crear relaciones provechosas con los proveedores y clientes, agilizar los procesos en la toma de decisiones, fomentar la comunicación, coordinación y colaboración, uso adecuado de la tecnología de la información y reconocer la importancia del transporte. En general, la mayor parte de los investigadores de la cadena de suministro han centrado sus análisis en los primeros cuatro puntos, descuidando la importancia del transporte y dentro de este del diseño de las rutas; esto actualmente, con la especialización que poseen las unidades productoras, ha cobrado mayor importancia, pero a su vez trae consigo mayores gastos.

1.3 - Transporte, su papel en la cadena de suministros

Las empresas que prestan servicios de transporte y logística desempeñan un papel primordial en la cadena de suministros. Al trabajar con fabricantes, proveedores y minoristas para la distribución y el aprovisionamiento de los pedidos así como para el traslado de mercancías, estas empresas los representan desde la primera hasta la última milla, empezando por la fase de compra del producto por el cliente y finalizando con la entrega puntual de los pedidos por el precio presupuestado. Su reputación depende de la calidad de su servicio. El transporte es un área trascendental en la empresa ya que es difícil imaginar una actividad que tarde o temprano no tenga que echar mano de él. Sea el proveedor o el cliente, siempre aparece en dos o más eslabones de la cadena de suministros. Al implantar un adecuado sistema de transporte se asegura a su vez una distribución apropiada. Un sistema de transporte es un conjunto de elementos que al actuar conjuntamente permiten efectuar las transportaciones dentro de una cadena de suministros [Cespón Castro & Amador Orellana, 2003].

Según Norman (2000) y considerando la logística como un concepto integrador, el transporte pasa a jugar un papel fundamental en varias estrategias de la red logística, tornándose necesaria la generación de soluciones, que lejos del paradigma tradicional monocriterio, aporten la mayor optimalidad, flexibilidad y velocidad en la respuesta del cliente, al menor costo posible, generando así mayor competitividad para la empresa.

Existen diferentes formas en las que se puede presentar el transporte en la cadena de suministros, como lo son por ejemplo:

Caso 1: si el transporte corre a cargo del cliente, la función del proveedor culmina cuando realiza la entrega.

Caso 2: si el transporte es contratado a una empresa transportista, el proveedor debe

preocuparse por el precio a pagar y porque el ciclo de transportación sea lo suficientemente corto, como para que la entrega al cliente se realice en el plazo previsto. Este proceso debe quedar reflejado en el contrato.

Caso 3: si el transporte corre a cargo del proveedor, entonces hay elementos del sistema de transporte que debe considerar (Modo de transporte, Medio de transporte, Vías de comunicación, Centros de trasbordo, Talleres de apoyo, Sistema de comunicación y automatización, Medios unitarizadores)

Caso 4: formado por la combinación de los tres casos anteriores.

Para poder implantar el sistema de transporte se necesita determinar los viajes y los medios a utilizar para el transporte, así como el ciclo de transportación, posibilitando esto una vía para minimizar costos y maximizar ganancias sin dejar a un lado la idea de satisfacer al cliente, siendo estos objetivos claves de cualquier organización según Cespón Castro & Amador Orellana(2003).

Con todo esto se puede decir que el transporte, junto con las prestaciones de las infraestructuras logísticas, se utiliza como una herramienta clave para competir y rediseñar la cadena de suministro de las empresas y su interrelación con sus proveedores y clientes. Así, en muchos casos, incrementado el coste total del transporte (como porcentaje sobre el valor de las ventas, no como costo unitario kilométrico) se ha logrado: reestructurar la estrategia de proveedores, minimizar stocks, focalizar o especializar las plantas de fabricación, agilizar la distribución contribuyendo a un mayor nivel de servicio, incrementar gama de producto, distribuir productos personalizados e incrementar rotación en los puntos de venta.

Todas estas actuaciones han acrecentado de una forma más eficaz la competitividad de las empresas (servicio, calidad, flexibilidad, customización)

Lograr hacer la distribución lo mas eficiente y flexible posible, es hoy un objetivo fundamental de cualquier empresa productora-distribuidora, y decir eficiencia es llegar al cliente con la calidad requerida, en el tiempo fijado y al menor costo posible. Un rol importante para obtener esto lo juegan las actividades de transporte y dentro de estas la fundamental a desarrollar es la planificación de rutas de distribución.

1.4 - Ruteo de Vehículos

Con el aumento del precio de los combustibles así como otros costos asociados a la transportación de mercancía o productos (aceite, piezas de repuesto, gomas, etc.) los cuales representan un alto porcentaje del costo logístico total, se hace esencial la disminución de estos costos de los procesos logísticos relacionados con el transporte, en lo que juega un papel fundamental el ruteo de vehículos. Dicha disminución puede lograrse, mediante una administración mejor de los recursos existentes.

Una de las decisiones operativas que debe tomarse frecuentemente en la gestión del transporte es el diseño de las rutas de distribución con las cuales se atiende la demanda de los clientes finales. Uno de los factores claves de éxito, en la implementación de herramientas computacionales para el diseño de rutas, es el conocimiento de las particularidades de la situación que se aborda.

El problema de la distribución de uno o varios productos a diferentes puntos a través de rutas posibles a formar, dependiendo de las distancias entre estos y desde cada uno de ellos a un centro de distribución, constituye un problema típico en el campo de la Logística [Cespón Castro & Amador Orellana, 2003].

Estos mismos autores, sùmese Ballou [1991] y [2005], han abordado el tema del ruteo de vehículos a través de diferentes métodos para la solución de éste. Todos estos métodos han estado orientados hacia tres grupos fundamentales: los de prueba y error (aproximados), métodos heurísticos y métodos de optimización (exactos), donde los más utilizados son los dos primeros porque permiten llegar a soluciones adecuadas más rápidamente y con valores muy próximos al “óptimo”.

1.4.1 - Métodos y técnicas para el ruteo de vehículos. Clasificación

La mayoría de los algoritmos de diseño de rutas tratan de encontrar las rutas más económicas que recorrerán los vehículos. En el anexo 1 se muestra una tabla elaborada por Torres Gemeil & Mederos Cabrera [2005] la cual es un resumen de estos métodos y técnicas, su utilidad y tipología.

Métodos de optimización (exactos)

Según Moraga Suazo et al. [2003] los algoritmos exactos son aquellos que producen una solución óptima y para ello emplean varias técnicas con el objetivo de reducir el espacio de búsqueda. Se emplean sólo en casos relativamente pequeños donde no existan no convexidades, no linealidades, pocas restricciones y variables, debido a que el tiempo de computación necesario para obtener la solución crece de forma desmesurada al aumentar el tamaño del problema [Faulin et al., 2006]. A pesar de estas desventajas presentan amplias aplicaciones en problemas de asignación de recursos, de balanceo de líneas, programación de vehículos, de planificación de instalaciones, de ruteo de vehículos, de distribución de plantas. Estos métodos comprenden técnicas como las de programación lineal multicriterio, que contiene la programación de compromiso, programación meta y multimeta, lineal entera y dinámica, el método de la matriz, el de Gaskell, el de Christofides y Ginozza, entre otros.

Métodos heurísticos

Reeves [1996], Ignizio & Cavalier [1994] y otros autores definen el término heurística como un método que busca buenas soluciones cercanas al óptimo a un costo computacional razonable

sin poder garantizar optimalidad. Según el diccionario de la Real Academia Española en su edición del 2001 dice que la heurística, en algunas ciencias, es la manera de buscar la solución de un problema mediante métodos no rigurosos. Su funcionamiento se basa en la experiencia, en un conocimiento de experto, en una información externa al problema, es flexible, fácil de entender, puede ser fácilmente adaptada para incluir las restricciones encontradas en aplicaciones reales y realiza una exploración limitada del espacio de búsqueda. Los métodos heurísticos se emplean para resolver problemas no polinomiales (NP). Dentro de sus principios se destacan la analogía y la reducción. Según Valdés Rodríguez [2003] y Ramos [2007] estos métodos presentan como ventajas: (1) no garantizan hallar la solución óptima a un problema, pero permiten, de una manera más eficiente desde el punto de vista computacional, aproximarse a tal solución (2) normalmente no se necesita una solución óptima, con frecuencia una buena aproximación es adecuada (3) el intentar comprender porqué funciona una heurística sirve para comprender mejor el problema. Su aplicación presenta inconvenientes como: (1) no considera la mejor ruta porque la solución que proporciona es algo probable y no cien por ciento segura (2) es difícil encontrar la heurística adecuada. (3) existencia de óptimos locales que no sean absolutos y (4) consiguen hacerse independientes de la solución inicial de la que se parta. Son aplicables a cualquier ciencia y han adquirido mayor auge en la toma de decisiones, en el ajuste de redes neuronales, en el diseño automático de sistemas digitales, han sido aplicadas al paralelismo neuroglial en computación y proporcionan técnicas para la solución del Problema de Ruteo de Vehículos [González Vargas & González Aristizábal, 2007]. Dentro de este método se encuentran las técnicas de: ramificación y acotamiento, el vecino más cercano, el método de los ahorros (Clarke & Wright) y del barrido, el método de Lemaire, de Ferguson, de Karg y Thompson, entre otros.

En los últimos años se ha trabajado en la mejora del empleo de los métodos heurísticos tradicionales, los cuales reciben el nombre de **metaheurísticas**, métodos que van más allá de las heurísticas y que son el resultado de la estrategia general de la Inteligencia Artificial al aplicarlas a estas [Moreno Pérez, 2005].

Las meta heurísticas, según Osman & Kelly [1996], véase Wikipedia [2009] y como cita González Vargas & González Aristizábal [2007], son una clase de métodos aproximados, que están diseñados para atacar problemas de optimización combinatoria. Proporcionan marcos generales que permiten crear nuevos híbridos combinando diferentes conceptos de: heurísticas clásicas; inteligencia artificial; evolución biológica; sistemas neuronales y mecánica estadística. Moreno Pérez & Melián Batista [2005] plantean que son estrategias inteligentes para diseñar procedimientos heurísticos generales y con un alto rendimiento. Glover & Laguna [1997] definen el término meta heurística como que guía y modifica otras heurísticas para producir soluciones

más allá de aquellas que son normalmente generadas en una solicitud por optimalidad local, realizan así una exploración más profunda del espacio de búsqueda pero a expensas de un mayor tiempo de procesamiento. Según Moreno Pérez & Melián Batista [2005], las propiedades de las meta heurísticas radican en la simplicidad, precisión, coherencia, efectividad, eficiencia, eficacia, adaptabilidad, robustez y autonomía. Presentan amplias aplicaciones en industrias tales como finanzas e inversión, fabricación, servicios, transporte, salud, telecomunicaciones, farmacéutica y gubernamental [Lourenco, 2003]. Se han aplicado en la ingeniería genética, en la toma de decisiones en tareas de planificación logística como rutas de distribución y recogida, carga y descarga, localización de puntos de servicio y diseño de redes. Autores como Osman [1993], García Márquez & Laguna [s/f] y Laguna [2000] consideran como técnicas meta heurísticas a los algoritmos de colonia de hormigas, recocido simulado, algoritmos genéticos, búsqueda tabú, redes neuronales, optimización por nubes de partículas, entre otros. Muchas de las técnicas antes mencionadas forman parte de los **algoritmos bio-inspirados**, que como su propio nombre indica, se inspiran en los sistemas naturales. Se utilizan actualmente con éxito en muchos campos y han despertado el interés de muchos investigadores por cuantas ventajas ofrecen. Entre estos se encuentra además la computación evolutiva que abarca técnicas como los algoritmos genéticos, la programación genética, la programación evolutiva y las estrategias evolutivas.

Métodos de prueba y error (aproximados)

Los algoritmos de aproximación son métodos para la resolución de problemas que hacen un primer intento y después utilizan los resultados obtenidos para hacer un segundo mejor intento. Este proceso se repite cuantas veces sea necesario para acercarse a la verdadera solución. Están siendo cada vez más utilizados para resolver problemas donde los algoritmos exactos de tiempo polinomial son conocidos pero demasiado costosos debido al tamaño de la entrada. Presentan limitaciones, tales como: (1) no todos son adecuados para todas las aplicaciones prácticas (2) a menudo utilizan resolvers de programación entera (IP), programación lineal (LP) y programación semidefinida, estructuras de datos complejas o técnicas de algoritmos sofisticadas que tienden a dificultar los problemas de implementación (3) algunos poseen tiempos de ejecución poco prácticos, incluso a pesar de ser polinómicos y (4) la aproximación sólo es aplicable a los problemas de optimización, y no a los problemas de decisión en estado puro. Este método contiene las técnicas de Doll, el método de transporte, de producción de transporte, entre otros.

En el entorno cubano ya ha sido demostrado que el NSC vinculado a quienes reciben los productos mediante cierta distribución ha de estar más allá de recibir los productos; la percepción, como el mundo lo exige, se encuentra en recibirlos en el momento preciso y con la

calidad debida, esto supone la consideración de más de un criterio en el diseño táctico-operativo del ruteo de vehículos ya que estos en la práctica suelen estar en conflicto. En la práctica se mezclan una serie de restricciones y características adicionales, tales como: limitación sobre la longitud y duración total del recorrido, horarios de entrega preestablecidos, precedencia o incompatibilidad entre clientes, múltiples bodegas, flota heterogénea, rutas periódicas, entregas y recogidas en la misma ruta, múltiples funciones objetivo, componentes estocásticos y dinámicos, tipo de vehículos y combinación con decisiones de inventario o localización entre otras. Los autores de la presente investigación, a partir de un análisis de diferentes literaturas tales como Salto [2000]; Díaz Parra & Cruz Chávez [2006] y otros ya mencionados consideran como una clasificación adicional al grupo de métodos metaheurísticas, que aunque son familia de los heurísticos (llamados heurísticas modernas), necesitan ser analizados por sus diferencias y sus aplicaciones amplias a un número grande de problemas distintos; estos han permitido a investigadores y profesionales de diversos sectores resolver problemas combinatorios complejos y de gran escala. A partir de estas consideraciones se confecciona una tabla que incluye otras clasificaciones de las técnicas de ruteo de vehículos la cual se puede apreciar en el **anexo 2**.

Existen además otras clasificaciones, que aunque no han sido mencionadas, se incluyen dentro de los métodos citados, como (1) métodos de mejoramiento o búsqueda local (2) métodos constructivos (3) métodos de dos fases. Según Alonso et al. [2004], Ramos [2007], Reinelt [1994] al decir de Moraga et al. [2003], los dos primeros métodos son heurísticos (aproximados). Balseiro [2007] plantea que los métodos de construcción crean soluciones nuevas agregando componentes repetidamente a una solución vacía hasta que esté completa, en tanto que los de mejoramiento o búsqueda local parten de una solución inicial e intentan mejorarla realizando pequeños cambios como reubicar o intercambiar clientes, invertir secuencias de clientes, etcétera. La búsqueda se repite hasta que se llega al punto que la solución no se puede mejorar más. Se dice entonces que se ha llegado a un mínimo local. Los métodos de dos fases primero realizan un agrupamiento para después aplicar otro método para la asignación de las rutas a los vehículos o viceversa, entre estos algoritmos se destacan el algoritmo de barrido y el algoritmo de pétalo [Jaque Pirabán, 2008].

En general todos estos métodos en alguna medida son empleados para la solución de los diferentes tipos de problemas que se abordarán en el siguiente epígrafe.

1.4.2 - Tipologías de Problemas de Ruteo de Vehículos

El Problema de Ruteo de Vehículos (*VRP*, de sus siglas en inglés) es un problema de optimización combinatoria de gran importancia en diferentes entornos logísticos. El mismo se define de manera general según autores como Díaz Parra & Cruz Chávez [2006], *VRP Web* [2009], Balseiro [2007] y Jaque Pirabán [2008], como la determinación de la ruta óptima para una

flota de vehículos que parten de uno o más depósitos (almacenes) para satisfacer la demanda de varios clientes dispersados geográficamente.

Este problema no se debe estudiar de manera aislada, ya que se han propuesto diferentes variaciones que lo acercan a contextos reales, incluyendo variables y restricciones. Las variantes o tipologías más conocidas teniendo en cuenta las consideraciones de los autores citados anteriormente sumados a Gandía Nevado [2007], Sandoya Fernández [2007], Ruiz Moncada [2006] se muestran en la tabla que aparece en el [anexo 3](#).

Dependiendo de la instancia o parámetros del problema será la variante del *VRP* a utilizar, en este sentido se pueden emplear una combinación de estos.

Teniendo en cuenta el objeto de estudio seleccionado en el mismo se pueden presentar algunas de estas tipologías como: *VRPTW* (*Vehicle Routing Problem with Time Window*), *SVRP* (*Stochastic VRP*), *VRPPD* (*VRP Pickup and Delivery*), *CVRP* (*Capacited VRP*).

1.4.3 Complejidad computacional y el ruteo de vehículos

Dentro del entorno del *VRP* se encuentra la optimización combinatoria y la teoría de la complejidad, esta última es la parte de la teoría de la computación que estudia los recursos requeridos como tiempo y espacio durante el cálculo para resolver un problema y la “dificultad” inherente de los mismos [Cortés, 2005]. La complejidad computacional clasifica estos problemas en dos clases: problemas P (polinomiales) y problemas NP (no determinísticos polinomiales) y dentro de estas a los problemas NP- completo y NP- duro (*hard*) o difícil como los más fundamentales. Autores como Díaz Parra & Cruz Chávez [2006] y Catarina [2000] plantean puntos coincidentes en las definiciones de estos problemas, que se abordan a continuación.

La clase de **problemas P** es el conjunto de todos los problemas de decisión que pueden ser resueltos por un algoritmo polinómico. En el objeto de estudio seleccionado pueden aplicarse para determinar el camino más corto para distribuir el refresco.

La clase de **problemas NP** es el conjunto de todos los problemas de decisión que pueden ser resueltos por algoritmos no deterministas en tiempo polinómico. Entre esta clase y la clase NP existe una estrecha relación y la igualdad o desigualdad entre ellas se ha convertido en un problema famoso que no se ha podido probar [Torres, 2007; Wikipedia, 2009].

La clase de **problemas NP-completo** es el subconjunto de los problemas de decisión en NP tal que todo problema en NP se puede reducir en cada uno de los problemas de NP-completo. Un problema se dice que es NP-Completo si es duro [Catarina, 2000]. Son los problemas más difíciles de NP y muy probablemente no formen parte de la clase de complejidad P. Tienen la propiedad de que si un problema dentro de esta clasificación puede ser resuelto en tiempo polinómico entonces todos los problemas NP pueden ser resueltos en tiempo polinómico [Wikipedia, 2009]. Dentro de esta clase se encuentra el problema de la mochila, el problema del

vendedor viajero, entre otros. Esta clase presenta aplicaciones en la generación de horarios docentes, en el campo de la medicina, etc.

La clase **NP-duro** se usa en la literatura para describir a los problemas de optimización (que, no siendo problemas de decisión, no son NP). Incluyen problemas difíciles e intratables. Si algún problema dentro de esta clasificación puede ser resuelto en tiempo polinómico entonces todos los problemas NP completos pueden ser resueltos en tiempo polinómico.

Los autores de la presente investigación llegan a la conclusión que, independientemente de que existen *VRP* sencillos en la clase de problemas P, según la naturaleza combinatoria se clasifican en NP-completo [Díaz Parra & Cruz Chávez, 2006; Jaque Pirabán, 2008; Gandía Nevado, 2007 & Ruiz Moncada, 2006] y NP-duro [*VRP Web*, 2009; Sandoya Sánchez, 2007; Balseiro, 2007 & García, 2005]. Al decir de Díaz Parra & Cruz Chávez [2006], por el análisis de este entorno cabe mencionar la clasificación que se le da a *VRP* en las diferentes disciplinas, para optimización combinatoria *VRP* cae dentro de la clasificación de NP duro y para la teoría de la complejidad cae dentro de los problemas NP completos.

Los elementos anteriores guardan relación con los métodos ya tratados durante el presente epígrafe, ya que la necesidad de emplear las heurísticas y metaheurísticas no solo se debe a la complejidad computacional y al tiempo de procesamiento que los métodos exactos implican, sino, en la mayoría de los casos, a la carencia de recursos en el caso cubano y a los costos excesivos en el mundo que los software más precisos implican.

1.5 - Distribución

La distribución se define como el conjunto de relaciones comerciales, financieras y jurídicas que tienen el fin de dar valor de lugar, tiempo, posesión a los productos de los proveedores de acuerdo a las expectativas de los clientes, además ésta es atendida con prioridad por la importancia que reviste para la actividad comercial y la competitividad de la empresa, ya que garantiza que los productos lleguen al lugar preciso, en el momento oportuno y al menor costo posible, aporta por lo tanto, ventajas competitivas relevantes, y su objetivo esencial es garantizar el nivel de servicio deseado por los clientes, Torres Gemeil, Daduna & Mederos Cabrera [2003] y Cespón Castro & Amador Orellana [2003] coinciden en el punto que es imprescindible el análisis detallado de este subsistema.

En la actualidad con las restricciones económicas existentes no todas las empresas poseen un adecuado sistema de distribución logística. Es por ello que es necesario hacerlo cada vez más rentable al punto de ser una inversión y no un costo para la entidad o las cadenas que conforman la misma. La distribución logística tiene un peso grande en el nivel de servicio al cliente, por lo que si esta se realiza de la forma correcta constituye una ventaja favorable en el mercado con respecto a la competencia.

Debido a la complejidad que con el tiempo ha tomado la distribución por las restricciones que se presentan, la gran diversidad de clientes, los vehículos con que se cuentan y la necesidad de utilizar racionalmente los recursos disponibles para lograr la eficiencia, es necesario el uso de técnicas matemáticas que hagan más sencillo y a su vez más factible el proceso de toma de decisiones.

Este subsistema de distribución está compuesto por procesos que lo conforman funcionalmente: El la tabla 1.1 se muestra el contenido de este proceso.

Tabla 1.1. Procesos del subsistema de distribución

Gestión	Proceso	Contenido
Distribución	Preparación de pedidos	Recepción y clasificación de pedidos. Método para el despacho. Formación de pedidos. Revisión y control.
	Transporte	Transporte a distancia. Transporte de reparto.

Fuente: Cespón Castro et al. [Logística temas seleccionados].

Para realizar una distribución adecuada se debe seguir una serie de pasos generales, estos proceden en mayor o menor medida, a juicio de los autores, en la cadena estudiada y en otras similares en el país.

1. Selección del modo y medio de transporte
2. Consolidación de envíos (planeamiento de rutas, despachos y planimetría de estiba del camión o contenedor)
3. Distribución y planificación de los vehículos a utilizar
4. Gestión de la distribución física
5. Elección de envases y embalajes.

Al Coincidir en la importancia que posee el subsistema de distribución, es que algunos autores como González González et al. [1998], Sáez Mosquera et al. [2000], Domínguez Orta et al. [2001], Garza Ríos [2001], han tratado de una u otra forma, en los trabajos investigativos correspondientes, lo concerniente a esta importante área o subsistema de la cadena de suministro.

Los autores de la presente investigación consideran que la distribución no se está desarrollando de forma correcta en las empresas lácteas cubanas, ya que la selección de las rutas de distribución se hace de manera completamente empírica y subjetiva, sujeta a la decisión, en muchos casos de una sola persona, cosa esta que atenta con la adecuada asignación de la ruta más factible.

1.5.1 Diseño de rutas de Distribución

Cuando el transporte forme parte de un sistema logístico, es preciso que se produzca por una petición de servicio, que llega y que puede deberse a que exista una previsión de su necesidad o a que se reciba un pedido del cliente.

La determinación de rutas es una operación muy delicada y difícil y puede hacerse manual o automáticamente. La primera exige una organización previa de los clientes [(ubicación, horario de descarga) y trata de evitar errores en los datos de la mercancía (referencia, peso, volumen, etc.)], porque ocasionarían problemas al asignar el vehículo, y tener asimismo en cuenta los pedidos pendientes.

En la actualidad existen una serie de ayudas informáticas/electrónicas para el responsable de establecerlas, que le facilita enormemente su gestión como: programas de cálculo de tiempos de recorridos en función del modelo, carga y ruta elegida; Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés); comunicaciones por radio, entre otras.

En cada uno de los casos anteriores los autores han podido constatar la importancia de la aplicación de herramientas matemáticas, incluyendo las heurísticas y metaheurísticas, para el diseño del ruteo de vehículos, en el caso de la cadena objeto de estudio de la presente investigación. Tales elementos cuantitativos cobran una gran importancia por cuanto en la misma no han existido estudios referidos a la complejidad, que esencialmente, posee la distribución de esta cadena hacia gran cantidad de nodos en todo el municipio de Santa Clara.

1.5.2 Distribución y aprovisionamiento de lácteos en Cuba

La distribución es tan importante como la producción y los servicios. Muchas empresas piensan en qué producir, cómo producir y para quién producir pero no ponen el mismo énfasis en la distribución la cual queda en un segundo plano. En el caso de las empresas cubanas, específicamente las de productos lácteos, realizan la distribución mediante un ruteo de forma empírica y totalmente subjetiva, lo cual no asevera la calidad requerida por los clientes. La poca cultura sobre el tema, el miedo al cambio y la poca disponibilidad de recursos son algunas características que han hecho posible el desarrollo deficiente del proceso de distribución. Referido a esta problemática dedicó algunas palabras en su discurso efectuado en Camaguey el compañero Raúl Castro Ruz [Castro Ruz (2007)], donde afirma la necesidad de evitar el movimiento innecesario de vehículos para realizar la distribución de productos a los consumidores.

Se han tomado medidas con el objetivo de aprovechar al máximo la capacidad ganadera del país; estas se basan en el aumento del pago a los productores independientes hasta el precio de 2.53 \$/litro. Se han creado tiendas especializadas en artículos necesarios para los productores de leche, con lo cual se ha logrado ahorrar una considerable cantidad de divisas (USD) por

importación de leche en polvo lo que constituye un logro importante para el país en la actual crisis mundial de alimentos.

La distribución en las zonas rurales por lo general es difícil de realizar, por las condiciones de los vehículos y de las carreteras, por la poca densidad de población de algunos lugares en los que la distribución es muy pequeña así como por la lejanía entre estas zonas y los puntos de distribución. En estos momentos en una gran parte de las zonas rurales del país son los mismos productores los que acopian y distribuyen a las bodegas para el posterior consumo de la población.

En la actualidad la leche concentrada solo se distribuye a un sector de la población, los niños de dos a siete años, embarazadas y dietas de enfermos, y en el caso del yogurt para niños mayores de siete años, merienda escolar y en menor medida se distribuye de forma liberada a toda la población. Según el discurso ya mencionado [Castro Ruz (2007)], no solo se está trabajando para aumentar la producción de leche para suplir las necesidades existentes, sino que no se puede renunciar a la perspectiva de que otras personas puedan recibirlo en el futuro.

Poco a poco se prevé disminuir o eliminar la distribución en zonas rurales, excepto en casos donde la densidad de población no lo permita, además de incrementar en gran medida la producción de leche, no de llegar a los 900 millones que se produjo cuando se disponía de todo el pienso y el resto de los insumos necesarios para que las condiciones de producción sean las idóneas, pero si para ir aumentando el número de esa cifra.

1.6. Servicio al cliente

Una empresa que logre un NSC efectivo está asegurando su presencia en el mercado. De su capacidad estratégica depende que pueda identificar qué nivel mínimo de servicio debe lograr para mantenerse en el mismo y cuál es el nivel de servicio que le permite lograr la ventaja competitiva en determinados segmentos de mercado.

El servicio al cliente es la esencia de cualquier negocio o empresa, ya que toda empresa ha sido creada para generar utilidades, pero los ingresos siempre provendrán de los clientes, que reciben un bien ó un servicio a cambio del dinero que están pagando.

Según Ballou [1991] al decir de Cespón Castro & Amador Orellana [2003] con quien además coinciden muchos otros autores, al menos parcialmente, cítense Gómez Acosta y Acevedo Suárez [2001(b)], Torres Gemeil et al. [2003], el servicio al cliente tiene gran importancia por ser la actividad clave de la logística que regula a las restantes, y que por lo general, se encuentra relacionada con los objetivos empresariales, al definir el nivel y el grado de respuesta que debe tener el sistema logístico. Por ello, el establecimiento de estos niveles va a afectar al costo de la logística, puede establecerse la situación de que si el nivel exigido es muy alto o los servicios son

muy particulares, las alternativas para proporcionar dichos servicios sean tan restringidas que los costos lleguen a ser excesivamente altos.

Lalonde & Zisner [1976] hicieron una búsqueda de conceptos de servicio al cliente y entre los más interesantes están:

1. Todas las actividades requeridas para aceptar, procesar, servir y facturar los pedidos de los clientes y supervisar cualquier actividad que haya salido mal.
2. Exactitud y fiabilidad a la hora de entregar lo pedido por el cliente en consonancia con sus expectativas.
3. Un conjunto de actividades que incluyen todas las áreas del negocio, que se combinan para proporcionar una factura de los productos de la empresa, de una forma que sea percibida como satisfactoria por el cliente y que haga progresar los objetivos de la empresa.

El objetivo del servicio al cliente es añadir valor al producto final que lo diferencie de los competidores, reduciendo el costo que representa para ese cliente adquirir la propiedad de un determinado producto. El final es buscar la fidelización de los clientes actuales, rescatar los perdidos y buscar nuevos, con el propósito de que se conviertan en clientes fieles [Torres Gemeil et al., 2003].

Según Gómez Acosta & Acevedo Suárez [2001(b)], al abordar el servicio al cliente hay que conceptualizar adecuadamente tres aspectos interrelacionados del mismo:

- **Demanda de servicio.** Son las características deseadas por el cliente para el servicio que demanda y la disposición y posibilidad del mismo para pagarlo con tales características.
- **Meta de servicio.** Son los valores y características relevantes fijadas como objetivo para el conjunto de parámetros que caracterizan el servicio que el proveedor oferta a sus clientes. Esta meta puede ser fijada como única para todos los clientes, diferenciada por tipo de cliente o acordada cliente a cliente.
- **Nivel de servicio.** Grado en que se cumple la meta de servicio.

Esto indica la necesidad de distribuir lo que satisfaga las necesidades del cliente y no lo que se produce, por lo que es importante que cada empresa defina una correcta estrategia de servicio. Para conseguir que el servicio al cliente sea el adecuado se debe seguir una serie de pasos generales, estos proceden en mayor o menor medida, a juicio de los autores, en algunas entidades así como cadenas de las mismas existentes en el país.

Procedimiento para diseñar el servicio al cliente:

1. Seleccionar los segmentos de mercado objetivo
2. Caracterización de los clientes
3. Estudio de la demanda de servicio del cliente

4. Proyección de la meta y nivel de servicio a garantizar
5. Diseño de la organización para brindar el servicio
6. Definición de los parámetros críticos del sistema logístico
7. Proyección del contenido y magnitud de los parámetros críticos
8. Diseño de la oferta y programación del servicio.

Al decir de Torres Gemeil et al. [2003], en la literatura se pueden encontrar diferentes elementos de servicio al cliente, los cuales están contenidos o guardan estrecha relación con los antes citados, donde muchos autores como: Christopher [1994], Cespón Castro [2003] y Santos Norton [2004] coinciden en que los más importantes son: (1)ciclo del plazo de entrega del pedido (2)disponibilidad del inventario (3) fiabilidad en la entrega (4) información sobre el pedido (5) atención a reclamaciones (6) calidad del producto y (7) flexibilidad.

Pueden diseñarse cuantos indicadores se consideren necesarios, pero lo más importante de ese aspecto es que la opinión clave es la de los clientes, como principal actor de la Cadena de Suministro. Según las literaturas consultadas muchas coinciden en que el tiempo de ciclo del pedido es el factor más crítico del NSC.

En el epígrafe siguiente se aborda la toma de decisiones multicriterio como estrategia para llegar a la solución factible de un problema.

1.7. Toma de decisiones

El problema de la toma de decisiones con múltiples criterios es quizás el área de desarrollo más activo en los últimos años en el campo de la ciencia de la decisión tanto en la investigación operativa y gestión de recursos.

A pesar de la creciente aplicación de las técnicas matemáticas en el ámbito empresarial aun existen limitaciones en su introducción. Esto está motivado inicialmente por la imposibilidad de contar con medios de cómputos potentes y *software* especializados, que por su alto costo muchas veces no es posible adquirir, además de la poca cultura y formación de los decisores, realizándose el proceso de toma de decisiones empíricamente, basado en la experiencia del factor humano que participa en la tarea. La toma de decisiones se considera como el acto creador de la elección, a partir de un conjunto de posibles decisiones, en el cual los factores cuantitativos se combinan con las capacidades heurísticas de los hombres que toman las decisiones. Según lo planteado por autores tales como Gomes & Duarte [1991], Romero [1993], se puede decir que es un proceso a lo largo del tiempo en el que se pueden identificar al menos cuatro fases:

- 1- Recogida de información (obtención de datos de criterios y alternativas).
- 2- Diseño (determinación precisa de criterios y sus escalas de medida, así como la construcción completa del conjunto de elección).

3- Selección (elección de una de las alternativas)

4- Revisión (revisión de las decisiones).

La toma de decisiones multicriterio ha desarrollado una personalidad propia que utiliza una terminología específica e incluye conceptos nuevos, debe observarse que algunos de los conceptos que se van a introducir tienen el mismo significado semántico y se utilizará uno u otro en dependencia del contexto teórico en el que se utilicen, a continuación se definen los mismos:

- Alternativas: Posibles soluciones o acciones a tomar por el decisor o unidad decisor.
- Atributos: Característica que se utiliza para describir cada una de las alternativas disponibles pueden ser cuantitativas (objetivos) o cualitativas (subjetivas), cada alternativa puede ser caracterizada por un número de atributos (escogidos por el decisor).
- Objetivos: Aspiraciones que indican direcciones de perfeccionamiento de los atributos seleccionados, está asociado con los deseos y preferencias del decisor.
- Meta: Aspiraciones que especifican niveles de deseos de los atributos.
- Criterio: Término general que engloba los conceptos de: atributos, objetivos y metas que se consideran relevantes en un problema de decisión.

1.7.1 Métodos multicriterios

Un método multicriterio es un procedimiento que a diferencia del tradicional análisis beneficio-coste utilizado por los economistas, contempla situaciones donde los puntos de vista del análisis no necesariamente pueden reducirse a términos monetarios, los puntos de vista pueden expresarse en diferentes dimensiones y escalas y no necesariamente se obtiene una puntuación global de las alternativas bajo análisis [Flament, 2007].

En la Modelización Multicriterio se utilizan familias que deben ser coherentes. La selección de alternativas en presencia de múltiples criterios constituye uno de los problemas más importantes y frecuentes en el campo de la toma de decisiones, para resolverlo la literatura especializada recoge varios enfoques entre ellos resalta el desarrollado por Romero quien basa su clasificación en el número de objetivos, metas y atributos, presentándose de la forma siguiente:

1. Objetivos múltiples (Programas multiobjetivos y sus extensiones).
2. Metas múltiples (Programación por metas y sus extensiones).
3. Atributos múltiples (Teoría de la utilidad y sus extensiones).

Entre estas extensiones de cada uno de los métodos existen disímiles particularidades y tipos de utilización, según la dirección que se pretenda tomar en el objetivo de cada estudio.

De acuerdo con esta clasificación los métodos multicriterios quedan agrupados de la forma que se muestra en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 Clasificación de los métodos multicriterio atendiendo al carácter múltiple de los objetivos, metas y atributos.

• Carácter múltiple de:	• Métodos
• Objetivos	• Programación Multiobjetivo
	• Extensiones de la Programación Multiobjetivo: <ul style="list-style-type: none"> • Programación Compromiso
• Metas	• Programación por Metas
	• Extensiones de la Programación por Metas: <ul style="list-style-type: none"> • Programación por Metas MINIMAX • Programación Multimetas
• Atributos	• Modelos no compensatorios <ul style="list-style-type: none"> • Dominación • Satisfacción (conjuntiva y disyuntiva) • Lexicografía • MaxiMin • Máximas
	• Modelos compensatorios <ul style="list-style-type: none"> • Utilidad Aditiva • Utilidad Configural

Fuente: Marrero Delgado [2001].

Otros autores como Barba-Romero & Pomerol [1997], realizan la clasificación de los métodos multicriterio de acuerdo con el número de alternativas, valoradas en dos grupos: el de los métodos discretos (número finito de alternativas) y el de los métodos continuos (número infinito de alternativas). Sobre esta base, los propios autores mencionados, refieren la problemática de la decisión multicriterio, como sigue:

Problemática $P\alpha$ (Selección): Búsqueda de alternativas satisfactorias susceptibles de ser puestas en práctica en una decisión final.

Problemática $P\gamma$ (Ordenación): Ordenación de las alternativas. Obtención de un arreglo de las alternativas.

Problemática $P\beta$ (Clasificación): Asignación de las alternativas en clases definidas *a priori*.

Sin embargo, Flament [1999] logra agregar otras dos problemáticas ($P\delta$ y $P\epsilon$):

Problemática $P\delta$ (Descripción): Descripción o procedimiento cognitivo de las posibles relaciones causales entre las alternativas.

Problemática $P\epsilon$ (Satisfacción): Esclarecimiento de una decisión sobre varias alternativas que debe ser tomadas en un contexto de restricciones de todo tipo. Obtención de un subconjunto de alternativas que cumpla las restricciones impuestas y represente una solución satisfactoria, en los términos de alguna función de utilidad o de valor del decisor.

De esta forma, es posible encontrar clasificaciones múltiples de los métodos multicriterio en la literatura especializada, lo que contribuye a la realización de la presente investigación y al cumplimiento de los objetivos trazados.

1.8 - Conclusiones parciales

1. El concepto de Logística ha evolucionado deviniendo hoy en día, al decir de varios autores e instituciones de importancia, y en buena medida debido al auge de la *SCM* como filosofía de gestión y como un grado superior de integración, sólo una parte de la misma, y ha incluido más recientemente dentro de sus objetivos al medio ambiente y el aumento constante de la competitividad. Se han desarrollado diversos modelos de gestión conjunta para cadenas de suministro que en su mayoría responden a las tendencias modernas de la filosofía de gestión de la cadena de suministro, se ha planteado en estos modelos formas de reducción de costos en las cadenas donde reviste gran importancia el transporte.

2. El área de las técnicas metaheurísticas ha sido objeto de estudios intensivos en las últimas décadas, en las cuales se han propuesto nuevas y poderosas técnicas para resolver problemas complejos. En este sentido se pueden señalar estudios vinculados al ruteo de vehículos que carecen de parámetros fijados para alcanzar una meta que satisfaga la demanda de servicio y esto trae consigo un bajo NSC.

3. En Cuba pocos autores han trabajado el tema del ruteo de vehículos con enfoque multicriterial, entre ellos resalta el trabajo de Garza Ríos [2001]. El enfoque multicriterio en el diseño de las rutas ha demostrado ser de gran valía por cuanto conjuga de una manera adecuada criterios importantes que en la práctica pueden entrar en conflicto y que conllevan, según sus prioridades, a recorrer la ruta en una secuencia determinada, cumpliendo con ello lo más cabalmente posible con los objetivos de la cadena y los clientes. Existe una tendencia en el país y en el mundo de enfocarse en los algoritmos bio-inspirados por las facilidades de aplicación que brindan aún sin obtener en la mayoría de los casos resultados “óptimos”.

4. Las perspectivas del ruteo de vehículos en cadenas de productos lácteos en Cuba, a raíz del discurso pronunciado por Castro Ruz [2007] y análisis previos, se han orientado a la eliminación del llamado “cruceño insensato y absurdo” de los camiones en el acopio y distribución de la leche. Se ha incentivado con ello la producción lechera brindando a los productores ciertas estimulaciones. Esto ha traído resultados muy favorables en términos de ahorros al reducirse los consumos de combustibles, lubricantes, piezas de repuesto y leche en polvo entre otros. Las

empresas lácteas además se han enfocado en mejorar el diseño de las rutas imposibles de distribuir directamente desde el productor como otra fuente eficiente de reducción de costos y satisfacción de los consumidores finales.

5. El servicio al cliente tiene gran importancia por ser la actividad clave de la logística que regula a las restantes, y que por lo general, se encuentra relacionada con los objetivos empresariales, al definir el nivel y el grado de respuesta que debe tener el sistema logístico.....

Capítulo II

Capítulo 2. Procedimiento general para el diseño, implantación y control de rutas en cadenas de productos lácteos

2.1. Introducción

En el presente capítulo, para tributar a la solución del problema científico de esta investigación, se desarrolla un procedimiento general, que a la par de un conjunto de procedimientos específicos, permite diseñar, implantar y controlar las rutas en cadenas de productos lácteos a través del enfoque multicriterio, este diseño es un elemento de influencia directa en el mejoramiento del NSC y del desempeño de la distribución y/o aprovisionamiento.

2.2. Concepción teórica del procedimiento general

Premisas de construcción

La construcción del procedimiento se realizó sobre las premisas siguientes:

1. Lleva implícita la función logística y aunque se apoya en la filosofía de SCM, hace énfasis en el ruteo de vehículos.
2. Las técnicas y herramientas desarrolladas para la implementación del procedimiento general, permiten considerarlo dialécticamente, en continuo perfeccionamiento.
3. Conlleva a quienes lo aplican al pensamiento lógico, basado en una óptica multicriterio en alguno de los casos y a que en cada una de las decisiones tomadas y acciones realizadas esté presente la justificación técnica debida más allá del mero factor subjetivo o empírico.
4. Constituye una parte indisoluble del proceso de planeación estratégica empresarial a sabiendas de que en él se tratan aspectos de carácter táctico-operativos como la determinación del NSC y los KPI utilizados en el IINDA/D, como elementos claves del diagnóstico.

Objetivos del procedimiento

El objetivo general del procedimiento es: el diseño, implantación y control de las rutas a partir del enfoque multicriterio en cadenas de productos lácteos, como elemento de influencia directa en el mejoramiento del NSC y en el desempeño del proceso logístico al cual se aplique (aprovisionamiento y/o distribución).

Para darle cumplimiento al objetivo general, el procedimiento contempla como objetivos específicos los siguientes:

1. Desarrollar un estudio diagnóstico, previa selección técnicamente justificada del objeto de estudio, que más allá de describir la forma actual en que opera el mismo, permita a la vez:
 - Determinar el NSC actual a través de un procedimiento específico.
 - Determinar un conjunto de KPI para el cálculo del IINDD que al igual que el NSC sirvan de métricas en la evaluación de la propuesta de mejora alcanzada.

2. Conformar, a través de un procedimiento específico concebido para ello, matrices de vías y distancias útiles para el diseño del sistema de ruteo.
3. Realizar el diseño multicriterio de las rutas de distribución y/o aprovisionamiento, según proceda o se decida en la investigación, a la par de la aplicación de un software que facilite el mismo.
4. Analizar, en función de un grupo de criterios, la decisión de tercerizar.
5. Utilizar con las debidas adaptaciones, en caso de que sea preciso tercerizar, un procedimiento para la selección de los mejores proveedores del servicio de distribución.
6. Analizar, a través de un procedimiento específico concebido para ello, cómo y en qué medida distribuir los productos en casos donde exista transporte insuficiente y se realice una distribución parcial a todos los clientes.
7. Efectuar, a través de un procedimiento específico concebido para ello, búsquedas locales a través del empleo de operadores vecindarios.
8. Proponer tareas a tener en cuenta para la implantación
9. Evaluar, a través del recálculo o estimaciones del NSC y del IINDD, la propuesta de diseño.

Principios en los que se sustenta el procedimiento

El procedimiento desarrollado se sustenta en los principios siguientes:

1. Mejoramiento continuo: El procedimiento contempla el regreso a etapas anteriores con el objetivo de ir mejorando diferentes aspectos que puedan presentarse con deficiencias.
2. Adaptabilidad: Es lo suficientemente general como para ser aplicado a las diversas cadenas, de productos lácteos del país.
3. Aprendizaje: Contempla métodos de trabajo en grupo, encuestas y métodos de expertos para la selección de criterios de decisión, de factores para evaluar estos y la determinación de sus importancias relativas. Para lograr el consenso entre los involucrados en estos procesos, se requiere de su capacitación en las técnicas a aplicar y del ejercicio del método en reiteradas ocasiones.
4. Parsimonia: La estructuración del procedimiento, su consistencia lógica y flexibilidad permiten llevar a cabo un proceso complejo de forma relativamente simple.
5. Flexibilidad: La posibilidad que tiene de aplicarse a otras cadenas con características no necesariamente idénticas a las seleccionadas dentro del universo investigado.
6. Referida a la disponibilidad de la información (y su tratamiento) que se requiere para su aplicación en estos procesos.

7. Consistencia lógica: En función de la ejecución de sus pasos en la secuencia planteada, en correspondencia con la lógica de ejecución de este tipo de estudio.
8. Perspectiva o generalidad: Dada la posibilidad de su extensión como instrumento metodológico para ejecutar estos estudios en otros procesos similares.

Entradas del procedimiento

1. Opiniones de los miembros de los equipos de trabajo sobre importancias de los problemas, pesos de criterios y factores, etc.
2. Datos provenientes del diagnóstico sobre el estado actual de la cadena objeto de estudio
3. Resultado de auditorías aplicadas a los procesos, resultados de los indicadores establecidos
4. Requisitos de los clientes
5. Requisitos y directivas económicas, políticas, sociales y organizacionales.

Salidas del procedimiento

1. Situación actual de la cadena
2. Diseño multicriterio de las rutas
3. Valor o prioridad de los clientes de acuerdo a los criterios definidos en la investigación.
4. Métricas e indicadores como el NSC y el IINDD para evaluar la propuesta
5. Sectorización de los productos y/o clientes
6. Asignación de clientes a almacenes.

Características relevantes del procedimiento

El procedimiento es válido tanto para empresas integradas a la filosofía “Cadena de Suministro” o para aquellas que desde el punto de vista estructural y de gestión no lo estén. El diseño de las rutas no solo se concibe como una fuente importante de reducción de los costos, sino como una forma de satisfacer en mayor medida las necesidades de los clientes y con ellos alcanzar la predilección de éstos por los servicios y productos de la cadena o empresa. En este sentido deviene novedad la forma en que se proponen los métodos multicriterios para el diseño de las rutas permitiendo establecer prioridades u órdenes en la atención de los nodos.

Se han considerado en la investigación, las diferentes tipologías de ruteo de vehículos existentes en la literatura más reciente, llegando a unir en la propuesta, lo cual además ha estado influenciado por un análisis exhaustivo de las tendencias de autores que trabajan el tema del ruteo, elementos de muchas de estas por cuanto se tributa con ello a una mayor aplicabilidad y generalidad de las herramientas. En el mismo además se han considerado decisiones referidas a la tercerización y selección de proveedores en los casos en que se precise.

El IINDD que se propone, basado en una estructura multicriterial, deviene a su vez, una manera simple y eficaz de medir y controlar el desempeño del proceso que se decida analizar

(aprovisionamiento y/o distribución). El mismo es flexible a ser extendido a otros procesos logísticos de las cadenas.

2.3. Descripción del procedimiento general y sus procedimientos específicos

El procedimiento general, se distingue básicamente de otras investigaciones consultadas por lo siguiente:

1. Contempla en varias de sus etapas, técnicas de trabajo grupal técnicamente justificadas más allá de enmarcarse en el mero e insuficiente criterio de un sólo decisor.
2. Diseña multicriterialmente el ruteo de las cadenas, o aquella parte de este que se proceda a analizar.
3. Utiliza un software para su aplicación.
4. Elabora y emplea un procedimiento específico de diagnóstico que aunque basado en la estructura de eslabones de la cadena, puede ser utilizado bajo modificaciones sencillas, por empresas productoras-distribuidoras en general, permitiendo determinar el NSC y el IINDD.
5. Integra tendencias y clasificaciones recientes del ruteo de vehículos en un procedimiento con un carácter generalizador.
6. Elabora y emplea un procedimiento específico para la construcción de las matrices de vías en base a la consideración de criterios múltiples.
7. Elabora y emplea procedimientos específicos para análisis de la decisión de tercerización y la selección de proveedores en caso de procederse a la misma
8. De manera general el procedimiento ha sido concebido con propósitos amplios al entenderse extensible tanto a empresas integradas bajo la filosofía de cadena de suministro, como a aquellas que no, es una herramienta que lo mismo ha de servir a quienes realicen una distribución con medios propios.

El procedimiento general se ha estructurado en cuatro grandes fases y 34 etapas, siguiendo el Ciclo de Alter Shewhart o Ciclo de Deming, como una forma de representar el proceso de solución de problemas: Planificar, Hacer, Comprobar y Actuar, de acuerdo con lo planteado por [Marrero Delgado, 2001]. Comienza por la planificación y el análisis de la situación actual del sistema objeto de estudio, posteriormente se pasa a la construcción de la variante de ruteo, luego a la mejora y selección del sistema de ruteo definitivo y por último a la comprobación, corrección y control de los resultados de la investigación. A continuación se describen cada una de las fases y etapas del procedimiento general propuesto en detalle, véase figura 2.1, donde cada color representa cada fase descrita.

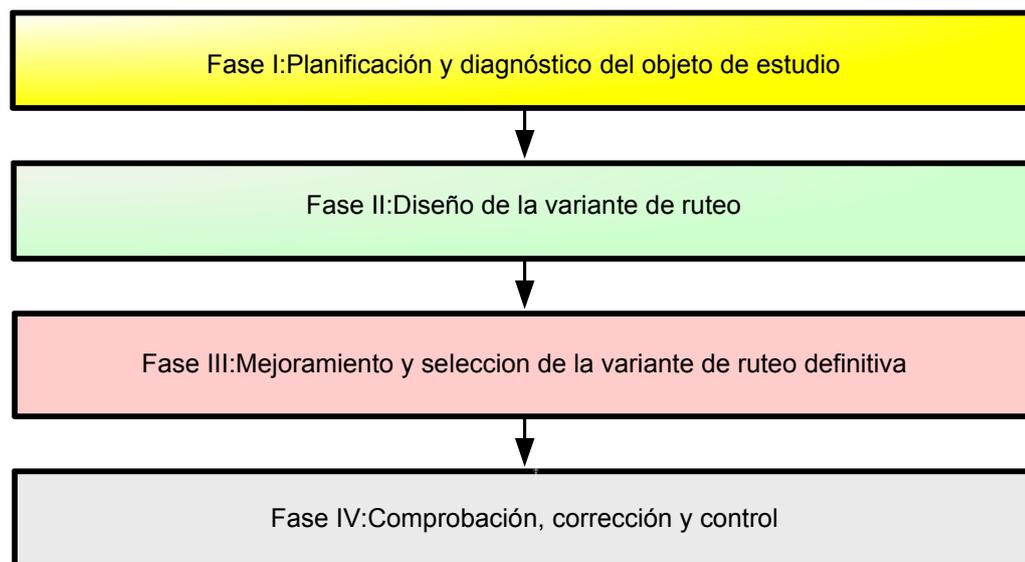


Figura 2.1 Procedimiento general manifiesto en fases. Fuente: Elaboración propia.

2.3.1. Fase I del procedimiento general: Planificación y diagnóstico del objeto de estudio

Esta fase incluye 5 etapas vinculadas de manera general a la definición de los objetivos generales del estudio, al análisis de la situación actual de caso objeto de estudio práctico seleccionado, de la necesidad de tercerizar y además se prepara en detalles cómo proceder en toda la investigación a través de un cronograma de trabajo

Etapas 1: Definición de los objetivos de trabajo

En esta etapa se fijan los objetivos a cumplir con el estudio a realizar, encaminados a solucionar la situación problemática identificada en la investigación. Podrían considerarse entre ellos el diagnóstico de la cadena como vía de conformar bancos de problemas para su posterior enriquecimiento y validación, el diseño multicriterio de rutas de aprovisionamiento y/o distribución o de los procesos empresariales o logísticos, la determinación de las capacidades de los procesos logísticos, entre muchos otros que bien podrían tributar a otras investigaciones.

Etapas 2: Selección de la cadena objeto de estudio o variante de ruteo

El tema de la selección del objeto de estudio es polémico y primordial. En el caso específico del procedimiento en que se trabaja, se propone la utilización de métodos multicriterios discretos compensatorios (suma ponderada, producto ponderado, AHP, etc.) para la selección. Para ello los criterios pueden obtenerse a partir de las fuentes de obtención de criterios existentes: diagnóstico, benchmarking, la literatura y según un número “n” de expertos calculado en función de los resultados esperados, Barba-Romero Casillas & Pomerol [1997]. En caso de los criterios ser seleccionados por la última de las fuentes, sería necesaria la conformación de un equipo de expertos que bien podrían después trabajar en el diagnóstico de la cadena seleccionada. La

expresión para el cálculo del número “n” de expertos es la 2.1 del **anexo 4**. El autor considera además de suma importancia tener en cuenta para la selección, el criterio de los miembros de la cadena, quienes en muchas ocasiones por ser los clientes, pueden condicionar la misma, además es importante nunca dejar de considerar los tres aspectos que se señalan en el paso primero del Procedimiento Básico del Estudio del Trabajo, (PBET), referidos al aspecto técnico, humano y económico, véase OIT [1994].

Etapa 3: Preparación del estudio

En esta etapa se determinan, seleccionan y preparan en general, los miembros del equipo de trabajo, este tendrá el rol de supervisar e indicar al resto de los grupos de expertos asociados a los distintos procedimientos específicos, las tareas; estos pudiesen formar parte de otros grupos de expertos. Se elabora además el cronograma de trabajo y se explican los objetivos a los miembros de la cadena o empresa logrando el necesario grado de compromiso de éstos. La capacitación juega un rol importante y debe realizarse en el marco de este encuentro aprovechando la presencia de la mayoría. En la figura 2.2 se presentan a través de **Procedimiento específico para la preparación de estudio**, los pasos a seguir en la etapa.

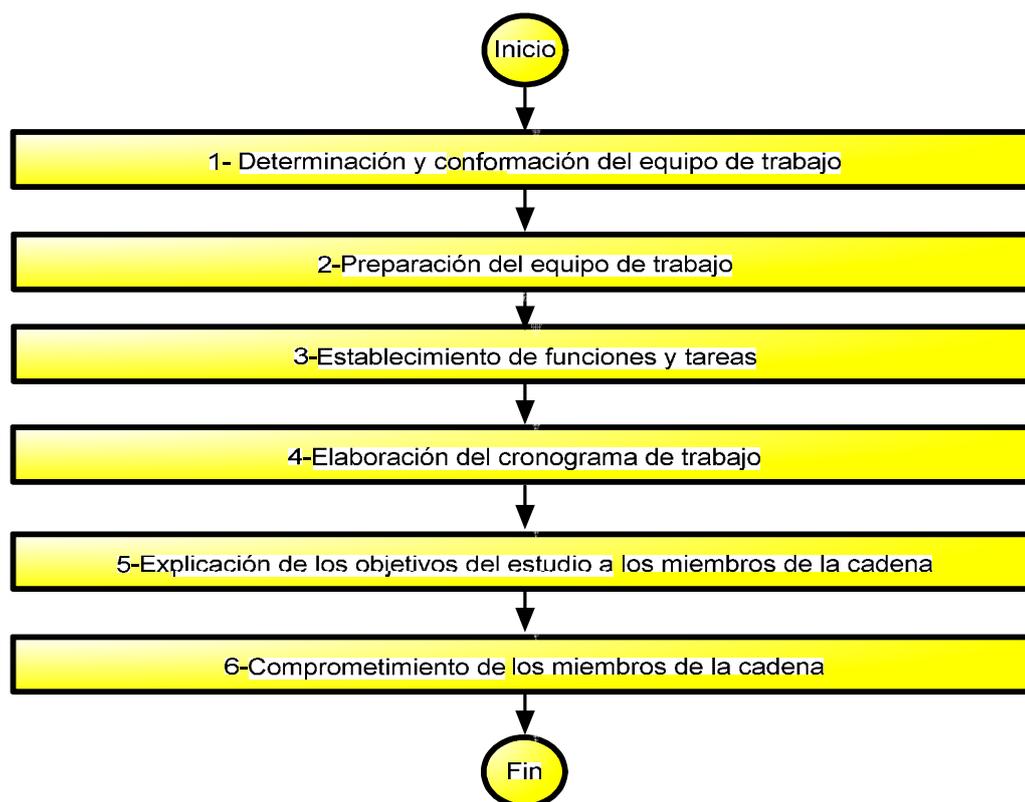


Figura 2.2 Procedimiento específico para la preparación del estudio. Fuente: Elaboración propia.

Etapas 4: Diagnóstico de la cadena objeto de estudio

Esta etapa tiene particular importancia, no sólo por revelar los problemas que afectan la gestión de la cadena logística, sino también por brindar los datos necesarios sobre la red logística actual y todos sus componentes, que serán usados para alcanzar los objetivos trazados en el estudio.

Para darle cumplimiento a esta etapa, los autores de esta tesis, proponen un **Procedimiento específico para el diagnóstico**, mostrado en la figura 2.3.

El mismo ha sido tomado de Marrero Delgado [2001] y los aportes realizados al procedimiento se sustentan en la añadidura de un método de cálculo para el IINDA/D propuesto en la investigación y en el Procedimiento específico para la determinación del NSC. El diagnóstico se ha estructurado en doce pasos que se describen brevemente como sigue:

La Fase I tiene una primera etapa que se encarga de definir los objetivos del estudio de la situación actual de la empresa o cadena de éstas, en ella son bien definidos y esclarecidos los objetivos que se persiguen al aplicar este procedimiento. La etapa 2, a través de una caracterización de la empresa o cadena de manera muy general, sirve de antesala para la etapa 3 que se basa en delimitar finalmente la cadena o entidad objeto de estudio, para ello, además de toda una amplia gama de herramientas matemáticas, entre las que se pueden citar las multicriterio, el autor de la presente investigación considera además de suma importancia tomar en cuenta para la selección, como ya antes se abordó, los aspectos técnicos, humanos y económicos. La última etapa de esta fase consiste en determinar un número óptimo de expertos, seleccionar los mejores de los posibles candidatos y trabajar en su capacitación, indicándoles las técnicas que podrían ser utilizadas, así como la importancia que tiene el estudio para la cadena o entidad.

La fase II compuesta por cinco etapas, a modo de resumen se encarga de lograr un nivel de detalle superior en cuanto a la cadena como un todo y sus componentes o la empresa y sus procesos, comenzando por las relaciones con el entorno, especificando impacto ambiental y oportunidades que se le presenta por su localización y características del producto, sigue el subsistema de aprovisionamiento donde deben ser analizados la gestión del transporte, de los proveedores, gestión de inventarios y materias primas, continua con el análisis del subsistema de producción.

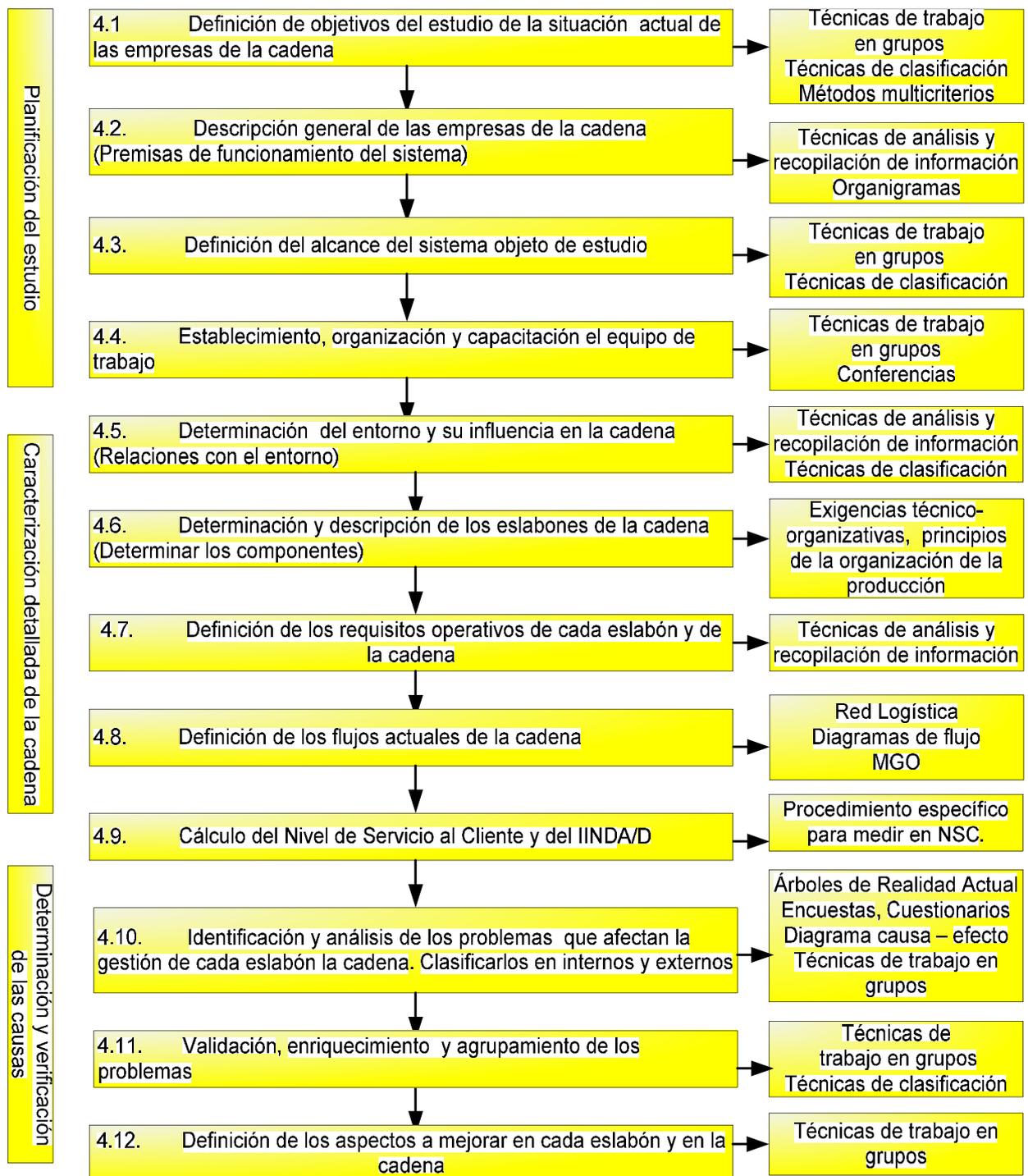


Figura 2.3. Procedimiento específico para el diagnóstico. Fuente: Modificado a partir de Marrero Delgado [2001].

Luego se pasa al subsistema de distribución donde se debe analizar las características de los clientes, estado de segmentación, gestión del transporte y gestión de inventarios del producto terminado, se deben analizar además, los flujos material, informativo y financiero en la cadena así como su integración, detallando en el caso pertinente ¿qué es lo que fluye?, ¿en qué

dirección? y ¿entre qué elementos de la cadena lo hace?, otro de los aspectos es determinar el NSC existente en la cadena, el cual una vez implantado, estimado o simulado el sistema de medidas surgidas con el estudio, tributaría a la verificación de la mejora en el desempeño de la cadena al ser comparado con el que en esta etapa se determina. Para ello se ha querido reestructurar y presentar, a modo de Procedimiento específico para la determinación del NSC, algunos resultados obtenidos por Conejero González [2007]. Por último el autor propone la determinación de un conjunto de KPI utilizados en el IINDA/D, con la idea de marcar un antes y un después, como es el caso del NSC.

Finalmente en la Fase III, se identifican los problemas que afectan la gestión en cada eslabón o proceso y a nivel de cadena o entidad en sentido general, para ello se recomiendan técnicas de recopilación de información. En la etapa 11 se validan, enriquecen y agrupan los problemas detectados, utilizando paquetes estadísticos seleccionados por el investigador o equipo de trabajo lo cual permite en la etapa 12 y final, definir los aspectos a mejorar en cada eslabón y en la cadena o en los procesos y la entidad para aquellos casos en que no se siga la filosofía Gestión de la Cadena de Suministro.

Procedimiento específico para determinar el Nivel de Servicio al Cliente

Como se aclaraba, en cierta medida, en la explicación del procedimiento específico de diagnóstico, la determinación del NSC basada en los elementos designados por éstos, deviene una herramienta importante en términos de concretar el impacto, que en el mismo, pueda tener la futura implantación de los resultados de esta investigación.

Caracterizar los productos y/o servicios de la cadena o empresa en que se desea evaluar el NSC y las exigencias en general o requisitos de calidad exigidos por los clientes, como base para que los expertos luego determinen los elementos y sus atributos.

- 4.9.1** Comparar mediante un análisis concienzudo, basado en encuestas, entrevistas, la observación directa en última instancia, u otros métodos decididos en la investigación, el servicio entregado y las expectativas del cliente para delimitar el efecto o problema que surge como limitante del servicio al cliente. Para ello podría desarrollarse un trabajo con expertos.
- 4.9.2** Determinar el número de expertos necesarios y capacitarlos para, luego de la aplicación de una técnica de trabajo en grupo y la selección de los mismos teniendo en cuenta el índice de competencia, Hurtado de Mendoza [2003], obtener los elementos de servicio al cliente y sus atributos así como el efecto al que éstos dan lugar.
- 4.9.3** Validar a través de pruebas no paramétricas la existencia de comunidad de preferencia en los juicios emitidos por los expertos en la selección final de los

elementos y sus atributos así como en la definición del efecto al que estos conllevan

- 4.9.4** Representar en un diagrama causa-efecto, los elementos generales y atributos que inciden o dan lugar al efecto identificado, bien pudiese ser el bajo NSC.
- 4.9.5** Establecer el peso ponderado de cada elemento con respecto a los demás a través de técnicas como el modelo grupal propuesto por Garza Ríos [2001], la entropía, ver Barba-Romero Casillas & Pomerol [1997], Diakoulaki, el Triángulo de Füller, tasación simple etc., siempre buscando combinar valores de peso subjetivos con objetivos, obteniendo de esta forma los elementos de más peso para con ello lograr centrar el grueso de las acciones sobre los mismos por ser quienes principalmente determinan el valor de NSC.
- 4.9.6** Creación de criterios que permitan asignar valores que expresen el desempeño de cada elemento según una escala entre 1 y 5 u otra que se decida en la investigación.
- 4.9.7** Determinar, teniendo en cuenta las mejores prácticas de las empresas o cadenas de características similares, respecto a los elementos establecidos, sobre lo cual han de estar basados los valores emitidos como deseados u “óptimos” por parte de una muestra de clientes técnicamente determinada (pudiesen ser los expertos ya determinados), un valor “óptimo” V_o para cada uno de los criterios que sería el resultado de la ponderación de los juicios emitidos por los expertos.
- 4.9.8** Definir un rango de valores en que se puede mover el valor real medido del criterio del elemento V_r , con respecto al “óptimo” obtenido en el paso anterior V_o , según el criterio de los expertos y verificada su concordancia. Sépase que lo primero a hacer en este paso sería aplicar una tormenta de ideas para la obtención de las alternativas de rango para el criterio por cada elemento, quienes expuestas al juicio de los expertos, serían depuradas quedando tan sólo la mejor de ellas y luego se procedería a la verificación de la concordancia según Kendall. Sépase que esto ha de hacerse para cada una de las puntuaciones. Es importante citar que el autor está consciente de cuan beneficioso sería la utilización de un software para agilizar el desarrollo de este paso por cuanto lo deja pendiente a investigaciones futuras, pudiese, a modo de medida alternativa, tomarse en el caso en que proceda o se decida en la investigación (cadenas objeto de estudio), la propuesta de Conejero González [2007] por cuanto la misma concibe elementos, atributos y criterios que proceden en la mayoría de las cadenas cubanas y goza de la validación realizada por el autor referenciado.
- 4.9.9** Medir el estado de cada elemento a través de su evaluación, basado en la escala de valores elaborada en el paso anterior, de modo que se relacione, el criterio de los clientes (personal encuestado, pudiesen ser los expertos) manifestado a través del

valor V_o con respecto a lo medido de manera objetiva, V_r , definiendo valores numéricos, en una escala de 1 a 5 a modo de ejemplo, donde el menor pudiese ser la situación más desfavorable y el mayor el mejor resultado o viceversa, según lo determine el investigador o equipo de trabajo.

4.9.10 Teniendo en cuenta la ponderación de cada elemento, determinada en el paso 6 de este procedimiento, se determinará la puntuación total de éstos, sumándose luego y calculando el NSC, el cual será esta suma total entre el valor numérico mayor de la escala establecida.

Un buen resultado de la aplicación del procedimiento implica dos premisas:

1. Lograr una valoración precisa de elementos y atributos que componen el NSC en cada caso.
2. Obtener criterios fundamentados, que en cada uno de los elementos permita precisar con acierto en qué nivel de la escala establecida se encuentra.

Algunos elementos y sus definiciones, muy comúnmente encontrados en la literatura consultada y recomendados por el autor, así como los criterios para su evaluación con sus respectivas escalas, aparecen a continuación. Es importante enfatizar que pudieran ajustarse a gran parte de las empresas y/o cadenas cubanas, pero no han de ser generalizados a ciegas a las mismas, en la mayoría de los casos los pesos que en cada una de ellas se les confiere, varían considerablemente.

Ciclo Pedido-entrega

Ciclo del plazo de entrega del pedido. Es el tiempo que transcurre desde que el cliente realiza su pedido hasta que recibe los artículos o servicios solicitados. Se expresa en unidades de tiempo.

El ciclo pedido entrega es la expresión del desempeño en tiempo del sistema logístico y responde a uno de los valores más preciados para el cliente: la entrega en tiempo.

Una vez establecido el tiempo Pedido-Entrega necesario para el tipo de actividad en función de la expectativa de la mayoría de los clientes (pudiesen ser los expertos) (t_o), entonces se medirá el tiempo real del objeto de estudio (t_m) y la puntuación se asignará en función de la tabla 2.1 propuesta por Conejero González [2007].

Tabla 2.1. Escala para la evaluación del valor t_m medido

	Puntuación
$T_m \leq t_o$ (1.1)	5
(1.1) $t_o < t_m \leq t_o$ (1.5)	4
(1.5) $t_o < t_m \leq t_o$ (2)	3
$T_o(2) < t_m \leq t_o$ (3)	2

$To(3.5) < tm \leq to (5)$	1
$To(5) < tm$	0

Fiabilidad

Fiabilidad en la entrega (F). Son las veces que se reciben los pedidos completos de acuerdo a las especificaciones de la solicitud.

En las entregas con determinada frecuencia existen errores al responder a los pedidos: los tipos de envases, color, características, etc., a veces no son las solicitadas. Se mide en porcentaje (%), relacionando los surtidos entregados correctamente contra el total de surtidos entregados. La tabla de evaluación es la 2.2.

Tabla 2.2. Escala para la evaluación del valor F medido

	Puntuación
$95 \% \leq F$	5
$88\% \leq F < 95 \%$	4
$80 \% \leq F < 88 \%$	3
$75 \% \leq F < 80 \%$	2
$70 \% \leq F < 75 \%$	1
$F < 70\%$	0

Disponibilidad

Disponibilidad del inventario. Es la probabilidad de que los productos o servicios solicitados estén disponibles para ser entregados. Se expresa en porcentaje. Puede también asumirse como la probabilidad de encontrar los surtidos deseados.

Se miden las veces que surtidos solicitados en el último período (mes, bimestre, trimestre, etc.) presentan ruptura de stock, los criterios de selección se muestran en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Escala para la evaluación del valor D medido

	Puntuación
$90 \% \leq D$	5
$80 \% \leq D < 90 \%$	4
$75 \% \leq D < 80 \%$	3
$65 \% \leq D < 75 \%$	2
$50 \% \leq D < 65 \%$	1
$D < 50 \%$	0

Donde D es la disponibilidad real del producto, medida por la cantidad de surtidos que no estaban disponibles del total que se solicitaron.

Atención a reclamaciones

Atención a reclamaciones (Ar). Se refiere a la capacidad del proveedor para atender, actuar y resolver las situaciones que se presenten frente a una reclamación del cliente. Puede medirse en unidades de tiempo referidas a la solución del problema.

Los productos entregados pueden presentar diferentes problemas: vencimiento, roturas, defectos de fabricación, faltantes etc., lo cual genera las reclamaciones de la tiendas al almacén.

Su medición depende de la relación proveedor-cliente; lo importante es la solución que se le da a cada reclamación en un término de cierta cantidad de días, por esto el coeficiente para determinar el estado de este elemento se calcula como cantidad de reclamaciones realizadas entre la cantidad de reclamaciones resueltas en el término de los días de los que se disponga para ello, expresada en porcentaje. Este criterio se refleja en la tabla 2.4.

Tabla 2.4. Escala para la evaluación del valor de Ar medido

	Puntuación
$95 \% \leq Ar$	5
$90 \% \leq Ar < 95 \%$	4
$85 \% \leq Ar < 90 \%$	3
$80 \% \leq Ar < 85 \%$	2
$70 \% \leq Ar < 80 \%$	1
$Ar < 70 \%$	0

Información sobre el pedido

Información sobre el pedido. Se refiere a la agilidad y veracidad de la información que se brinde sobre la situación del pedido en cualquier momento del ciclo pedido-entrega. Se puede medir en unidades de tiempo, o en porcentaje en función de las veces que se cumple la entrega de información en el tiempo pedido.

En ocasiones los clientes solicitan que se les brinde información sobre el estado en que se encuentra un pedido realizado en cualquier momento del ciclo pedido-entrega. La agilidad y veracidad de la información que se brinde sobre la situación del pedido aporta la valoración de este elemento. En este caso la medición se realiza en función del tiempo establecido para dar la información de acuerdo a la tabla 2.5.

El tiempo establecido por la institución para dar la información se representa como t_i , el tiempo real medido se representa como t_m .

Tabla 2.5. Escala para la evaluación del valor Tm medido

	Puntuación
$t_m \leq t_o (1.1)$	5
$(1.1) t_o < t_m \leq t_o (1.5)$	4
$(1.5) < t_m \leq t_o (2)$	3
$T_o(2) < t_m \leq t_o (3)$	2
$T_i (3.5) < t_m \leq t_o (5)$	1
$T_i(5) < t_m$	0

En caso del investigador o equipo de estudio ser más explícito en la búsqueda de los problemas, han de ser analizados los atributos de los elementos de mayor peso y buscadas sus ponderaciones tal y como se indicó para los elementos del NSC, dando con ello seguimiento a los pasos del procedimiento para ver la medida en que ellos afectan el resultado, ver Conejero González [2007].

Algunas de las expresiones a utilizar en este Trabajo de Diploma ya sea de manera manual o implícitas en *software* y algunos aspectos a considerar en la aplicación de las mismas para, (1) la determinación de la cantidad óptima de expertos, (2) la determinación del coeficiente de competencias de los expertos, (3) la homogenización de las matrices de decisión (4) la normalización de las matrices de decisión, (5) el cálculo del peso de cada uno de los criterios y (6) método multicriterio a utilizar, se presentan en el **anexo 4**.

Indicador Integral del Nivel de Desempeño del Aprovisionamiento y/o Distribución

Una vez realizada una buena parte del diagnóstico, se cree conveniente la determinación de todo un conjunto de indicadores que, como el NSC, permitan una vez implementada la investigación o aplicada la propuesta al menos experimentalmente, hacer la comparación entre un antes y un después y con ello analizar la validez de las soluciones obtenidas. Tales indicadores agrupados por dimensiones podrán ser vistos en detalle en el anexo 5 de la presente investigación y pueden variar en dependencia de los objetos de estudio, éstos conforman en su conjunto el IINDA/D que se encarga de medir el estado del aprovisionamiento o la distribución en la cadena con base esencial en el diseño multicriterio de las rutas.

Se han querido comentar algunos términos:

- a. Costo total de distribución: Es la suma de los costos en que se incurre en la distribución, o al menos de tantos elementos de costo como sea posible, entre ellos: depreciación del activo fijo, mano de obra, combustible, lubricantes, etc.
- b. Envíos: Se entiende por envío el llevar productos a cada nodo/cliente (100 clientes = 100 envíos)

- c. Numero de envíos urgentes: En caso, a modo de ejemplo, de una cadena de distribución de lácteos, este indicador estaría vinculado a la respuesta que el sistema de transporte brindaría, ante una determinada eventualidad, que bien pudiese ser el deterioro de la calidad de los productos a raíz de una distribución ineficiente, esto último se consideraría como un envío urgente. Todos los envíos urgentes implican devoluciones no sucediendo así en caso contrario.
- d. Número total de horas trabajadas: Esta referida a las horas trabajadas para poder hacer el envío del pedido y puede ser una medida de la disminución de la productividad del proceso, hombre, etc. ante una mala distribución.
- e. Problemas en la distribución: Estos pudiesen venir dados por retrasos en la misma y su vínculo con la calidad del producto en relación con las condiciones de los medios de transporte, tales retrasos pudiesen ser condicionados por decisiones al azar en el enrutamiento de los vehículos por parte de los chóferes o indisciplinas de los mismos en sus recorridos, la manipulación indebida de la mercancía enmarcada en el proceso también podría generar un problema de este tipo, etc.
- f. Fiabilidad: Probabilidad de buen funcionamiento de algo (Real Academia de Lengua Española). En este sentido el autor ha querido hacer referencia a la dimensión relacionada; todo aquello que interfiera en el éxito del proceso de distribución y conlleve a disgustos, devoluciones o reembolsos a los clientes estará enmarcado en ella.
- g. Tiempo perdido en la distribución: Pérdidas de tiempo no reglamentadas o concebidas que retrasen la entrega a los clientes, roturas por problemas de mantenimiento, falta de gasolina, indisciplinas del conductor, accidentes u otros incidentes no deseados.

Para la determinación de IINDA/D se plantea como procedimiento de cálculo el siguiente:

1. Determinación de los dimensiones que componen el indicador IINDA/D
2. Determinación de los indicadores que componen cada dimensión
3. Determinación de la evaluación de cada indicador correspondiente a cada dimensión
4. Determinación del indicador IINDA/D
5. Valoración del comportamiento del indicador IINDA/D

Determinación de las dimensiones e indicadores que componen el IINDA/D

En la elaboración del indicador antes citado, fueron los mismos expertos, quienes basados en el estado actual arrojado por el diagnóstico, la literatura y comparaciones con otras cadenas de similares características, además de ser consecuentes con los elementos de la auditoría del sistema, los que definieron en una primera aproximación con total consenso las dimensiones e indicadores ya antes citados en el anexo 5. Es importante señalar que cada una de estas dimensiones e indicadores pueden en un futuro ser objeto de un refinamiento. En el Cuadro 2.1

Expresiones para la determinación del IINDA/D podrán ser vistas las expresiones utilizadas en el cálculo del indicador integral. Una vez definidos estos, se hace necesaria la determinación de la importancia relativa (peso relativo) de cada uno de los indicadores y de las dimensiones. El cálculo del peso de los indicadores k , de cada criterio r , donde $k=\overline{1,p}$ y $r=\overline{1,c}$, se realiza utilizando técnicas de expertos o su combinación con otros métodos objetivos según se decida en la investigación, igual procedimiento se sigue para los pesos de cada criterio (dimensión). El autor sugiere la aplicación del método del triángulo de Füller modificado con valores (0, 1 y 2) significando cada uno de ellos respectivamente: menos importante, igualmente importante y más importante por cuanto lo considera pertinente y suficiente para los propósitos trazados. El grado de consistencia presente en los juicios subjetivos de los expertos se mide a través de la razón de inconsistencia (RI) de los juicios. Si RI no es mayor que 0,1 (Consistencia igual o superior al 90 %), Saaty [1980] sugiere que la consistencia, por lo general, es aceptable. Esta consistencia será determinada a través del *software* concebido para estos fines en la investigación y alguna de sus interfases puede ser apreciada en el anexo 6.

Las dimensiones son:

1. Fiabilidad en la distribución
2. Tiempo
3. Costos de la distribución
4. Atención a reclamaciones de la distribución
5. Utilización de las capacidades en la distribución

Determinación de la evaluación de cada indicador correspondiente a cada dimensión

En este paso se determinan los valores plan y real para cada indicador definido.

Determinación del IINDD

Véase el cuadro 2.1 ya referenciado para el cálculo del indicador.

Sébase que a modo de homogenización el cociente de E_{rk} práctico/teórico, concebido para máximo, se invierte según varíe el sentido de optimalidad para el indicador k . En caso de que alguna de las relaciones antes citadas sobrepase el valor 1, trátase de un caso de mínimo o máximo, se estaría en presencia de una anomalía que bien pudiese haber estado dada por una mala planificación del indicador lo cual pudiese constituir, por su importancia en ciclo de mejora continua, véase Hernández Maden [1997], una recomendación de la investigación por salirse del marco de los objetivos de la misma.

Valoración del comportamiento del indicador IINDD

En este paso se realizan las valoraciones correspondientes al comportamiento del indicador. Resulta bastante difícil establecer unos límites para decidir integralmente si el nivel de desempeño de la distribución es alto, medio o bajo, por cuanto no existen referencias anteriores

del cálculo de este indicador; no obstante ello, se consideró que aún en lo absoluto o comparada sólo con períodos anteriores de desempeño de los sistemas objeto de estudio, y mientras no sea creada una base referencial o de comparación, su cálculo permite contar con una “herramienta” útil en manos del directivo para la evaluación de la gestión de este proceso y para realizar su auditoría. En una primera aproximación, se realizó una evaluación, tomando como base los criterios de diferentes expertos con total consenso, para construir una escala. Esta fue: Muy bueno (1,00-0,92); Bueno (0,91-0,82); Regular o Medio (0,81-0,72); Malo (0,71-0,61); Muy malo (inferior a 0,61). Una vez obtenido el indicador, se estará en condiciones de evaluar las potencialidades de las cadenas en cuestión.

Etapas 5: Análisis de la decisión de tercerización

Para esta etapa los autores han decidido utilizar un **Procedimiento específico para el análisis de la necesidad de tercerización**, y con ello decidir en qué medida realizar el aprovisionamiento y/o distribución, con medios propios o mediante terceros. Para un mayor entendimiento del mismo véase la figura 2.4, a continuación se describen brevemente sus etapas.

Etapas 5.1: Análisis de las capacidades

De una manera muy crítica se procede, analizando los medios de que se dispone y las características y condiciones de los mismos, a determinar cuánto se es capaz de transportar.

Etapas 5.2: Análisis de las necesidades

Se hace un estudio de la demanda existente y/o potencial de la cadena o entidad (carga), en esta etapa se precisan muchas informaciones del diagnóstico realizado.

Etapas 5.3: Balance carga-capacidad

Se analiza la relación carga-capacidad, en caso de déficit de capacidad pudiese, entre algunas otras alternativas, comenzarse a pensar en la necesidad de tercerizar una parte o todo el proceso que se analice.

Etapas 5.4: Análisis de los proveedores potenciales

En caso de ser necesaria la tercerización del servicio de manera total, lo cual generalmente es más factible al diseñar una nueva cadena o entidad, se procede al análisis de los proveedores potenciales, debiendo existir como premisa favorable a esta decisión, una gran competencia y variedad de dichos proveedores.

Etapas 5.5: Evaluación y selección de proveedores

Para esta etapa se propone el uso del proceder recreado en Cespón Castro y Amador Orellana [2003].

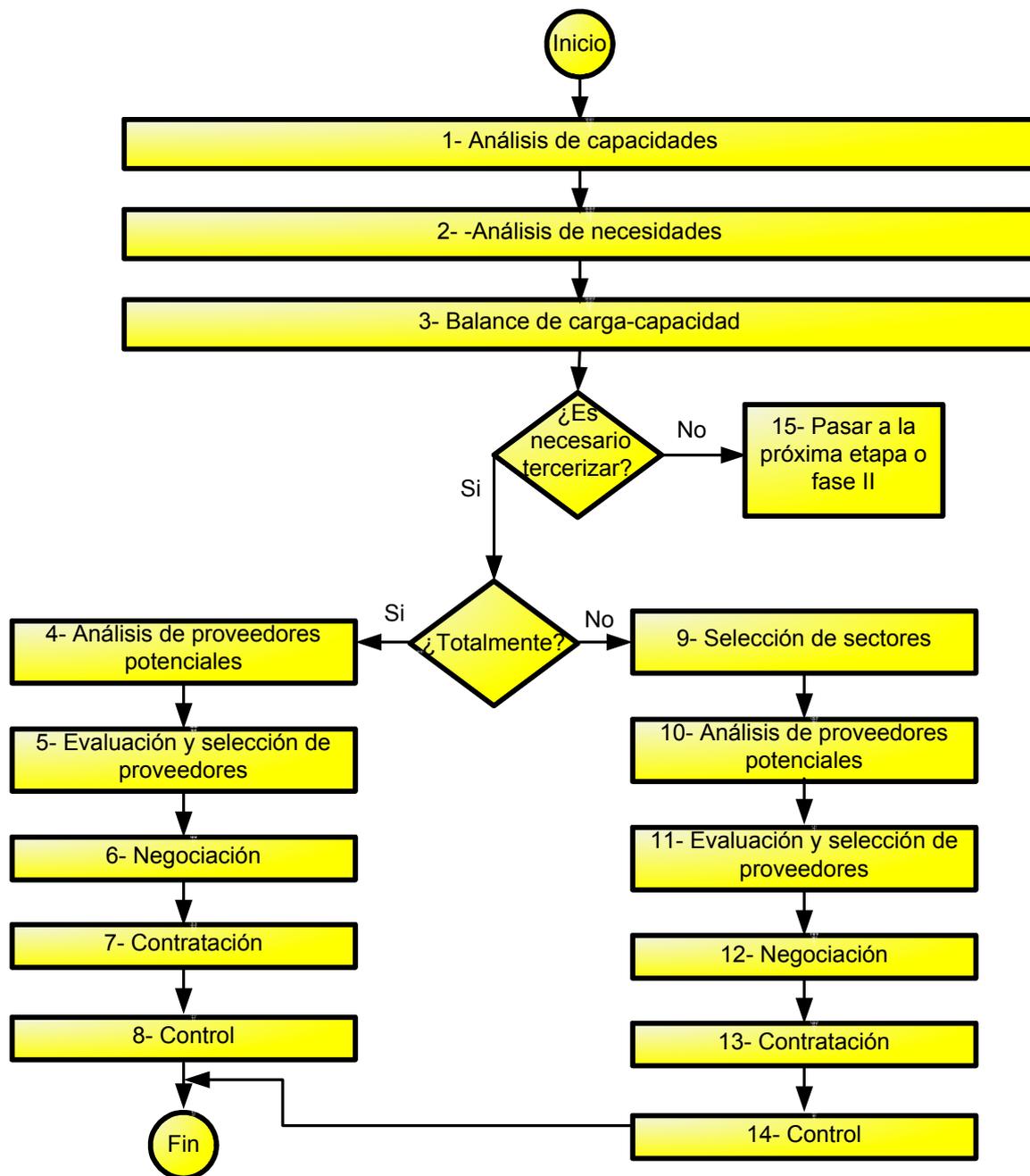


Figura 2.4: Procedimiento específico para el análisis de la decisión de tercerización

Fuente: Elaboración propia.

Etapa 5.6: Negociación

Se procede a ultimar detalles con el proveedor seleccionado en términos de exigencias, requisitos inviolables, horarios de entrega a los nodos, entre muchas otras informaciones provenientes en su mayoría del diagnóstico.

Etapa 5.7: Contratación

El jurídico de la entidad o de alguna de la cadena procede a formalizar la negociación por medio de un contrato a ser cumplido con carácter obligatorio entre ambas partes.

Etapa 5.8: Control

Es una etapa de monitoreo constante y corrección de resultados indeseados del desempeño del proveedor del servicio. En ella se puede analizar el cumplimiento de lo negociado y materializado en términos legales a través del contrato.

Etapa 5.9: Selección de sectores

Entendiéndose por sector de distribución o bien nodos o zonas geográficas o tipos de productos o la combinación de estos, esta clasificación dependerá de la decisión del investigador. En cada uno de los casos se procederá al uso de métodos de clasificación que la literatura concibe para estos fines, entre estos se encuentran (1) los métodos de *clustering* y se puede además emplear (2) el algoritmo del barrido.

2.3.2. Fase II del procedimiento general: Diseño del sistema de ruteo

Esta fase, incluye 24 etapas vinculadas al desarrollo de la solución y que devienen lo de mayor impacto en el logro de los objetivos del estudio.

Etapa 6: Determinación, selección y preparación de expertos

Utilizando la expresión 2.1, se determina el número de expertos para validar luego sus competencias a través de índice propuesto por Hurtado de Mendoza [2003], seleccionando los que posean mayores puntuaciones. Estos han de ser sometidos luego a un proceso de instrucción en el rol que han de desempeñar y en el contenido que han de dominar, de lo cual se encarga el equipo de trabajo.

Etapa 7: Definición del tipo de ruta

La definición ha de estar basada en las necesidades que existan de estudiar determinadas partes de la cadena de suministro y en la terminología que en ella se decida utilizar. De manera general los autores han decidido generalizar la definición en dos términos muy comunes, aprovisionamiento y/o acopio y distribución.

Etapa 8: Análisis de la complejidad computacional del problema

En esta etapa se procede a analizar acorde con las diferentes definiciones, clasificaciones y conclusiones plasmadas en el capítulo 1 de la presente investigación, la complejidad de cómputo que pudiese presentar el caso objeto de estudio. Para estos fines en la investigación se usan elementos muy comprensibles que usualmente están asociados al comportamiento de la complejidad de los problemas de ruteo, cítense: (1) número de restricciones, (2) número de variables, (3) existencia de no linealidades, (4) existencia de no convexidades, (5) número de

ventanas de tiempo, (6), estrechez de las ventanas de tiempo, (7) número de nodos, entre otras, para cada una de estos existen algunas métricas también plasmadas en el capítulo 1.

Etapa 9: Clasificación del problema según la tipología definida y usada en la investigación

Siendo consecuentes con las definiciones, clasificaciones y conclusiones plasmadas en el capítulo 1 referidas al ruteo, de lo cual es importante recordar que ninguna de estas existe de manera aislada en la práctica empresarial, se procede en esta etapa a la decisión de cuántas de estas clasificaciones confluyen en el caso objeto de estudio y de esta forma tener en cuenta cómo proceder.

Etapa 10: Análisis de la correspondencia entre el tipo de problema y la naturaleza multicriterio concebida para la investigación (análisis de pertinencia)

En esta etapa se hace un análisis, a modo de justificación de la necesidad de la aplicación del enfoque multicriterio en el diseño de las rutas, de las características del problema y las bondades de este paradigma en la solución del mismo. Pudiesen considerarse factores que pudiendo estar presentes en el objeto de estudio, tributan a la toma de decisiones bajo criterios múltiples, entre estos factores se encuentran: (1) competencia, (2) valor económico, político y social del caso objeto de estudio práctico, (3) necesidad de atraer clientes, entre algunos otros.

Etapa 11: Establecer combinaciones

Se establecen las combinaciones de productos a transportar, esto puede estar avalado por consideraciones técnicas y requerimientos de los medios y productos, por petición de los clientes, por normativas establecidas en la entidad o cadena sobre el almacenamiento, manipulación, producción y distribución de alimentos, entre otros procesos logísticos.

Etapa 12: Rutas para productos únicos

En esta investigación se entiende por ruta para productos únicos, como su nombre lo indica, aquella en la cual, por cualquiera de las condiciones citadas en la tapa anterior y otras, no haya sido posible establecer combinaciones de un producto con el resto de los productos a transportar. En estos casos generalmente se tiende a desaprovechar más las capacidades de los medios de transporte y habría que analizar en algunos casos la factibilidad económica, social y política de distribuir la ruta.

Etapa 13: Especificación de las condiciones y restricciones para el ruteo

En esta etapa se pasa a definir, atendiendo a las características del objeto de estudio, las condiciones y limitaciones para realizar el ruteo. Las mismas pueden estar enfocadas a los clientes, vehículos y a aquellas de carácter organizacional, legislativas, políticas, económicas, sociales, entre otras, las condiciones se refieren a la forma, dado el tipo de producto que se transporta, en que deben manipularse y transportarse éstos.

Las restricciones han de estar referidas a las fechas de entrega, a los horarios de arribo a los nodos/clientes en conjugación con la calidad del producto, a la capacidad volumétrica y estática de los medios en conjugación con la demanda, a las ventanas de tiempo, al tiempo de carga y descarga en los nodos.

Sébase que a pesar de los autores considerar las condiciones y restricciones antes citadas como las más comunes, recalca la importancia de que las mismas pueden ser muy distintas teniendo en cuenta el objeto de estudio práctico hacia el que se oriente la investigación. Es útil además consultar las normas vigentes en los objetos de estudio prácticos sobre el almacenamiento, manipulación, producción, distribución y de alimentos, entre otros procesos logísticos.

Etapas 14: Asignación y/o sectorización de clientes

Esta es la etapa en la cual se asignan clientes a almacenes en los casos en que se tengan varios de estos. En cada uno de estos grupos de clientes asignados a cada depósito pudiesen coexistir sectores de distribución diferentes, entendiéndose por sector de distribución o bien nodos o zonas geográficas o tipos de productos o la combinación de estos, esta clasificación dependerá de la decisión del investigador. En caso de tratarse de un problema con un solo depósito, la única decisión a considerar sería cómo agrupar los clientes en dichos sectores. En cada uno de los casos se procederá al uso de métodos de clasificación que la literatura concibe para estos fines, entre estos se encuentran (1) los métodos de *clustering* y además se puede emplear (2) el algoritmo del barrido.

Etapas 15: Selección de vías como base a la elaboración de las matrices de vías y distancia

La elaboración de la matriz de vías se justifica por el hecho de que en ella se plasman las vías de acceso definitivas entre los nodos/clientes de la red. Es importante aclarar que el camino mejor entre nodos será aquel, que de acuerdo a un conjunto de criterios, prime al aplicar un producto ponderado u algún otro método multicriterio. La matriz de distancias reviste singular importancia por cuanto de ella se extrae parte de la información requerida para la obtención del valor ponderado VP (valor que resulta de la aplicación del método multicriterio). En la Figura 2.5 se presenta asociado a esto, un **Procedimiento específico para la selección de vías como base a la elaboración de las matrices de vías y distancias.**

Etapas 16: Definición de los criterios de decisión

Para este caso, el investigador o equipo de estudio, tomando en cuenta las necesidades del estudio, define los criterios que a su entender tributarían mejor al logro de un VP por el cual llevar a cabo la conformación de las rutas. Es de interés de los autores resaltar, que en caso de existir criterios que dependan de la valoración, por parte de un número N de expertos, de otro conjunto R de criterios, las etapas desde la 20. Esta aclaración procede a modo de ejemplo para el caso en que se quisiera saber el valor que cada uno de los clientes tiene con un enfoque multicriterial,

siendo el valor como cliente uno de los criterios a tomar en cuenta en la obtención del valor VP por el cual conformar las rutas. Es de interés además señalar que la selección de los criterios, como ya se citó en la etapa 10, responde a elementos como: (1) la competencia, (2) el valor económico, político y social del caso objeto de estudio, (3) la necesidad de atraer clientes, entre algunos otros.

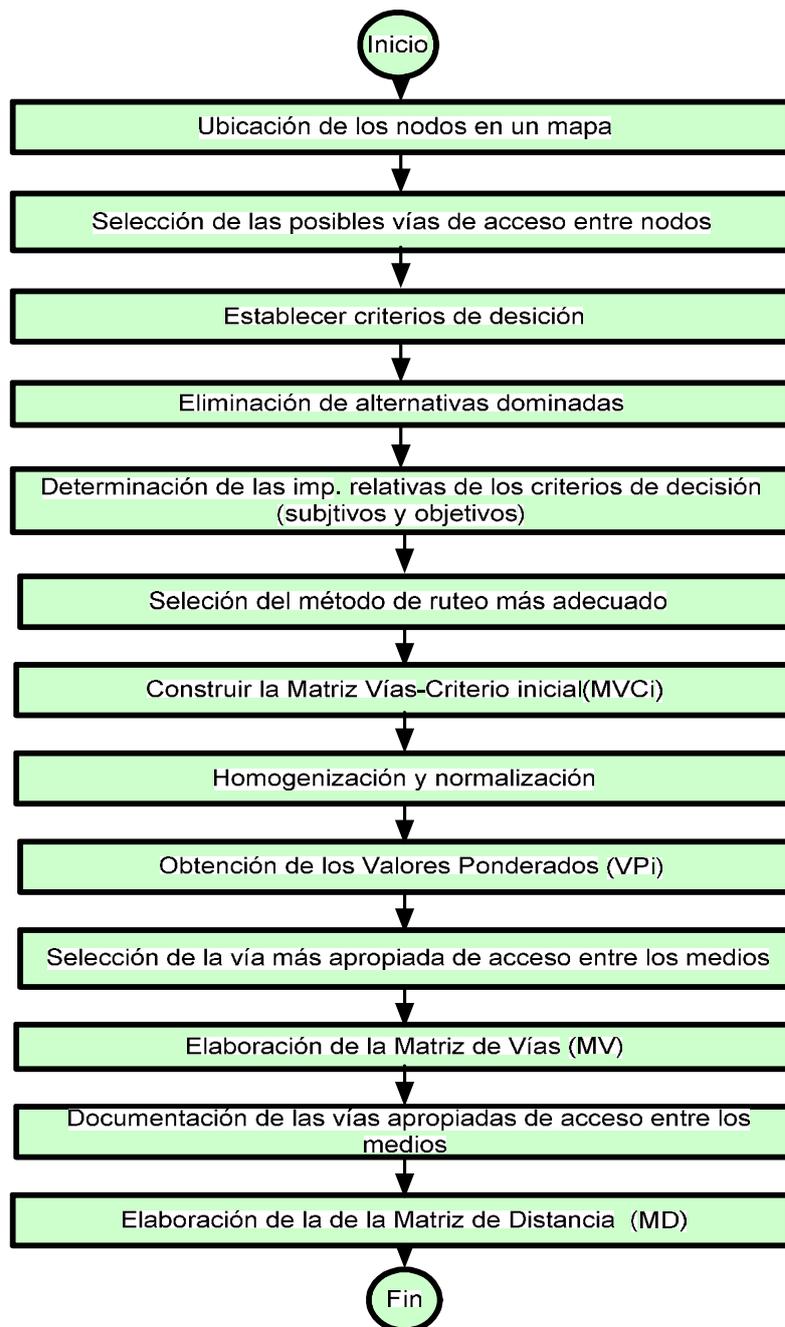


Figura 2.5 Procedimiento específico para selección de vías como base a la elaboración de las matrices de vías y distancia. Fuente: Elaboración propia.

Etapa 17: Determinación de la importancia relativa de los criterios de decisión

En esta etapa se procede, utilizando métodos objetivos, subjetivos o la fusión de ellos, quienes involucran en su mayoría el trabajo con expertos, a la determinación de la importancia o peso (W_r) de cada uno de los criterios definidos en la etapa anterior. Sépase que $r = \overline{1, c}$. Véanse expresiones 2.4, 2.5, 2.6. y 2.7 del anexo 4.

Etapa 18: Construcción de la matriz inicial de nodos/clientes -criterios (MNC_i)

Se plasma en una matriz (MNC_i), donde $i = \overline{1, m}$, los valores de cada uno de los nodos/clientes (l) atendiendo a cada criterio (r). Sépase que los valores de $l = \overline{1, n}$ y en el caso de los criterios $r = \overline{1, c}$. En dicha matriz cada cruce nodo-criterio tendrá como denominación $NC_{i, r}$.

Etapa 19: Homogenización y normalización de la matriz

Para facilitar el trabajo se procede, mediante la homogenización de la matriz, a trabajar con un solo sentido de los criterios de decisión (máx. o mín), véase la expresión 2.2., posteriormente se normaliza según el método seleccionado por el investigador o equipo de estudio. Algunos de las formas consultadas para la normalización, que se basa en transformar el vector compuesto por los valores de las alternativas para un criterio r ($NC_{1, 1}; NC_{2, 1} \dots NC_{n, c}$) en un vector ($V_{1, 1}; V_{2, 1}; \dots V_{n, c}$), pueden ser vistos en Marrero Delgado [2001] quien a su vez cita a Barba-Romero Casillas [1993], de ellos los autores proponen el trabajo con el presentado en la expresión 2.3., por cuanto es recomendado por la literatura especializada al permitir, una vez normalizados los valores, que se mantenga la proporcionalidad entre los datos manteniendo valores entre 0-1.

Etapa 20: Obtención del valor ponderado

Aunque existen varios métodos multicriterios, para mayor información ver Marrero Delgado [2001], en el procedimiento presente los autores han querido basarse en el producto ponderado por cuanto el mismo dada su formulación matemática hace menos posible el empate entre alternativas, ver expresión 2.8.

Etapa 21: Selección del nodo con mejor valor de VP

Esta etapa consiste en seleccionar, partiendo para la primera corrida desde el centro de distribución (CD), el mejor valor de VP tal que por él se comience a formar la ruta. Una vez seleccionado el primero de los nodos/clientes, se pasa a la verificación de las restricciones y en caso de cumplirse todas, se procede a la actualización de la matriz MNC_i, para con ello dejar de tomar en cuenta al CD como punto de partida. Esta etapa al igual que la mayoría de las de este procedimiento aparece implementada en una versión aún sin culminar del *software* MultiRutas. La versión anterior no respondía al gran volumen de información que ahora exige el procedimiento que se describe.

Etapas 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 y 29: Análisis de la existencia de rutas únicas

En caso de existencia de nodos/clientes con demanda igual o mayor a lo que puede asumir el vehículo de mayor capacidad (C.V.M.C.) en la flota ($D \geq C.V.M.C.$), se procede a formar las denominadas rutas únicas o unitarias de demanda equivalente a la capacidad del medio ($D = C.V.M.C.$).

En estos casos es conveniente hacer particiones (s) de la demanda del nodo en función de la C.V.M.C. Si parte de la demanda del nodo ruta única no puede ser satisfecha al cabo de una cierta partición s y existen tiempo y espacio lógicos en el V.M.C., pasará a ser el nodo inicial de la ruta multinodos próxima a formar, esto implica que no se actualice la matriz para acceder nuevamente a él, una vez satisfecha su demanda se actualiza la MNC_i y se seguirá eligiendo el siguiente mejor VP.

Es política y conveniencia de la cadena que en el caso de que en el medio del proceso de conformación de una ruta, correspondiese un nodo con estas características, se pasaría al siguiente mejor VP, dejándolo para luego y con ello evitar tener que regresar nuevamente a él lo cual alargaría el tiempo de la distribución y no necesariamente sería la solución más adecuada, al partir nuevamente del CD.

El orden en que se atenderán este tipo de rutas depende también del valor VP de cada cliente/nodo determinado a partir del conjunto de criterios previamente definidos en la investigación.

2.3.3. Fase III del procedimiento general: Mejoramiento y selección de la variante de ruteo definitiva

Esta fase, incluye 1 etapa vinculada al desarrollo de la solución y que devienen lo de mayor impacto en el logro de los objetivos del estudio.

Etapas 30: Búsqueda local de soluciones alternativas

Sucede que la mayoría de los algoritmos heurísticos o metaheurísticos para la solución del VRP, constan de una fase en la cual se procede, en búsqueda de la ruptura de los óptimos locales en los que comúnmente se estanca la solución, a la búsqueda local de soluciones alternativas. Para estos fines se presenta un **Procedimiento específico para la búsqueda local de soluciones alternativas** que esta concebido para superar estas insuficiencias y que garantiza que se mantenga el enfoque multicriterio en todas las propuestas obtenidas; en la Figura 2.6 que aparece en la próxima página se puede apreciar dicho procedimiento y a continuación se describen sus etapas.

Etapas 1: Definición de los operadores vecindarios a emplear

Al ser la búsqueda local tan importante en el desempeño del algoritmo se han decidido utilizar varios operadores vecindarios. Cada uno de estos operadores modifica la solución de una manera distinta e induce un vecindario el cual se analiza exhaustivamente por una mejora

multicriterio. Los operadores se clasifican en **de una ruta o multi-ruta** dependiendo de si actúan en una o más rutas respectivamente. En esta etapa se decide cuál de las dos variantes emplear.

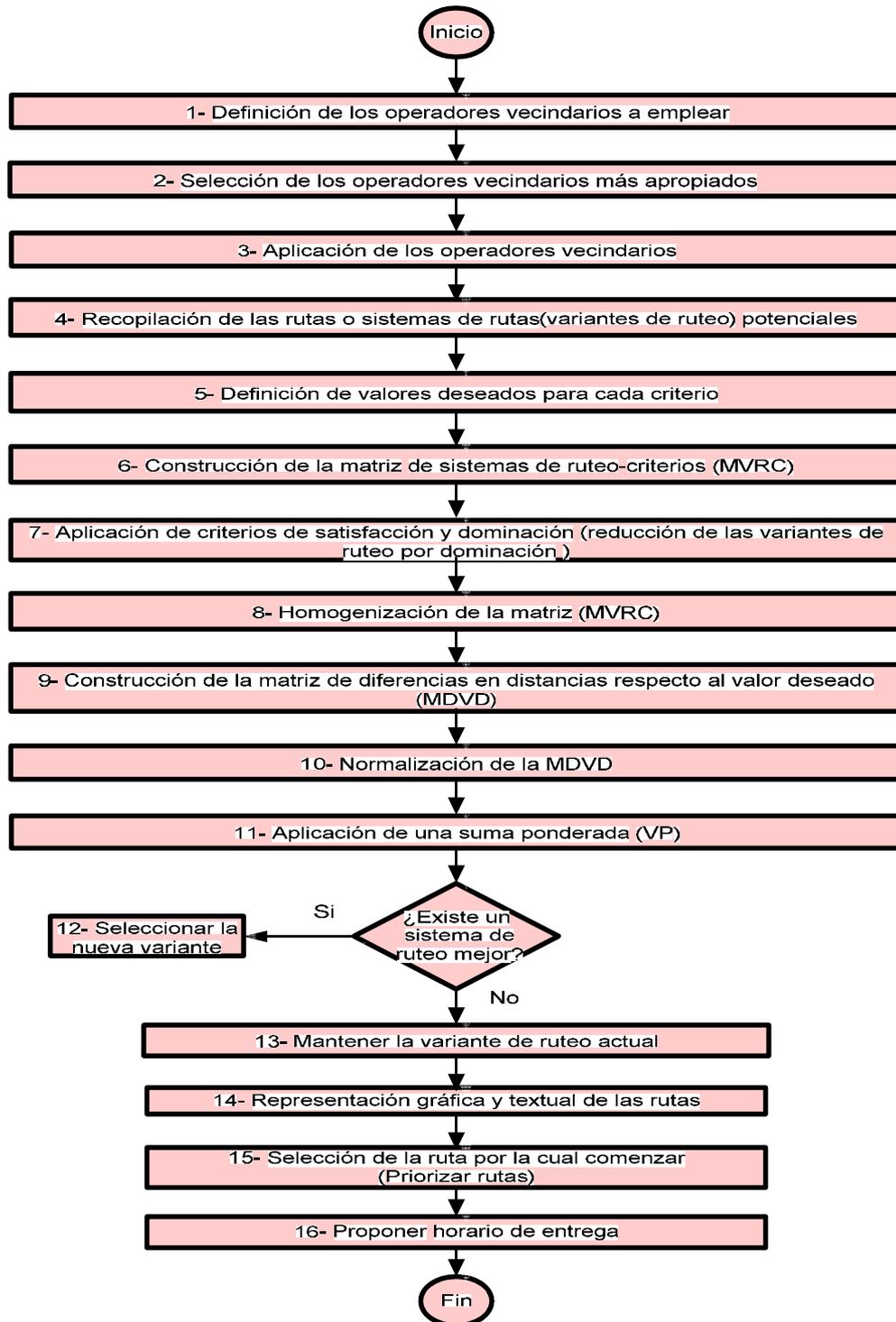


Figura 2.6 Procedimiento específico para la búsqueda local de soluciones alternativas

Fuente: Elaboración propia.

Etapa 2: Selección de los operadores vecindarios más apropiados

En el anexo 7 aparecen los operadores vecindarios a usar en una primera aproximación en la investigación.

En un principio parecería redundante implementar todos estos operadores ya que los operadores generales de cada caso, ver anexo 7, contemplan a los otros. Pero si en las primeras iteraciones se utilizan los operadores de vecindario más reducido, no se pierde tiempo investigando exhaustivamente un vecindario amplio cuando aún existen muchas buenas opciones en los primeros. Se pasa a explorar los vecindarios extendidos cuando la búsqueda local agotó todas sus posibilidades en los reducidos. Así combinando los operadores indicados en sucesivos ciclos es posible obtener soluciones de buena calidad en un menor tiempo.

Etapa 3: Aplicación de los operadores vecindarios

Se aplican los que se hayan decidido emplear en la etapa anterior. En esto se ha de ser cuidadoso en cuanto a la no repetición de combinaciones para lograr por vías diferentes tratar de obtener un espacio de solución mejor.

Etapa 4: Recopilación de las rutas o sistema de ruteo potencial

En esta etapa, una vez aplicados los operadores vecindarios o las combinaciones de estos, se recopilan las rutas surgidas.

Etapa 5: Definición de los valores deseados para cada criterio

A sabiendas de que carecería de sentido hacer un conjunto de permutaciones para la generación de nuevas soluciones, sin tener en cuenta cómo estas cumplirían con el enfoque multicriterio de las herramientas propuestas, en esta etapa, como métricas para medir la multicriterialidad de cada nueva solución, se definen los valores deseados para los criterios de decisión por los cuales se llevó a cabo el ruteo inicial. Con esto además se enfatiza en la búsqueda de la ruptura de posibles óptimos locales en los que bien pudiese estancarse el algoritmo.

Etapa 6: Construcción de la matriz de variantes de ruteo-criterios (MVRC)

Esta matriz plasma la relación entre las variantes de ruteo de acuerdo a los criterios usados en el diseño multicriterio inicial.

Etapa 7: Reducción de variantes de ruteo por satisfacción y/o dominación

Formuladas las variantes, es necesario realizar un proceso de eliminación de aquellas que no sean factibles desde el punto de vista de la lógica del funcionamiento de la cadena analizada (proceso de satisfacción). También, el proceso de reducción del número de alternativas, incluye la eliminación de aquellas que sean dominadas por otra u otras de las existentes (proceso de dominación).

Etapa 8: Homogenización de la MVRC

Se homogeniza tal cual se describe en la etapa 19 del presente capítulo y con ello se trabaja con un solo sentido e los criterios de decisión.

Etapa 9: Construcción de la matriz de diferencias en distancias respecto al valor deseado (MDVD)

Con la construcción de esta matriz se aprecia de una manera más clara cuan distantes o no están las variantes de ruteo respecto a los valores deseado definidos anteriormente.

Etapa 10: Normalización de la MDVD

Se normaliza tal cual se describe en la etapa 19 del presente capítulo y con ello se trabaja con valores reducidos a una escala homogénea de valores entre (0-1).

Etapa 11: Aplicación de un producto ponderado

Se aplica un producto ponderado tal cual se plantea en la etapa 20 antes descrita.

Etapa 12: Seleccionar nueva variante

En caso de existir una variante de ruteo mejor que la inicial se selecciona la misma.

Etapa 13: Mantener la variate de ruteo inicial o actual

En caso contrario a la etapa anterior se mantiene la variante de ruteo inicial.

Etapa 14: Representación gráfica y textual de las rutas

Una vez diseñado el sistema de ruteo y seleccionado el definitivo concluida la búsqueda local, se procede haciendo uso del *MapInfo Professional* u cualquier otro *software*, a la representación del mismo tal que sirva a quienes trabajaran en el.

Etapa 15: Selección de la ruta por la cual comenzar

La selección arbitraria de la ruta por la cual comenzar en caso de no contarse con un vehículo para cada ruta, puede conducir a resultados indeseables en términos del NSC y todo lo que ello implica. En esta etapa ha de quedar claramente definida la primera ruta a ejecutar. Para ello el investigador puede basarse en varios criterios entre los que figuran (1) tomar aquella ruta cuya fecha de entrega promedio sea la menor o contemple el nodo de fecha de entrega más temprana, (2) tomar aquella que tenga un promedio mayor del valor de los clientes, entre otros que decidan en la investigación.

Etapa 16: Proponer horario de entrega

En esta etapa se procede a la propuesta de los días y de los horarios en que se podrán servir los nodos, estos valores devienen importantes y han de ser determinados de una manera precisa por cuanto ellos influyen en el comportamiento del NSC y el IINDA/D.

2.3.3. Fase IV del procedimiento general: Comprobación, corrección y control

Etapas 31: Elaboración de un Cronograma de implantación. Capacitación del personal

Para su ejecución se debe establecer los programas de capacitación del personal involucrado en el proceso de implantación de las salidas del procedimiento propuesto (conferencias, disertaciones, etc.). Se establece el plan de implantación; normalmente para esto se emplea un gráfico de Gantt o PERT según la complejidad. También, esta etapa, incluye la implantación de los métodos y procedimientos de trabajo.

Según Bender [1998] citado en la Tesis Doctoral de Marrero Delgado [2001], el plan de implantación 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 (PERT o CPM).
- Identificación de hechos (incluyendo fechas esperadas para la realización de cada proyecto y las tareas principales, así como las fechas topes y puntos del chequeo a lo largo del plan).
- Identificación de restricciones (financieras, humanas o legales).
- Cálculo de datos y holguras (Cálculo de las fechas más tempranas y más tardías de inicio y fin de cada actividad).
- Declaración financiera (identificando la magnitud y registrando las inversiones necesarias y economías esperadas).
- Identificación de riesgos.
- Plan de auditoría.

Los métodos y procedimientos de trabajo se implantarán de la forma en que se describe en la etapa siguiente.

Etapas 32: Implantación

En esta etapa se realiza la implantación de las salidas del procedimiento de acuerdo con el cronograma de implantación definido en la etapa anterior.

Etapas 33: Recálculo del NSC y el IINDA/D

Esta etapa está dedicada a evaluar y controlar el comportamiento del objeto de estudio, una vez implantado el sistema. Puede implicar el regreso a la etapa de análisis de la situación actual de la cadena logística, tanto en sus eslabones independientes como en su integración e inclusive, a redefinir los objetivos del estudio y comenzar el proceso desde la primera etapa del procedimiento, esto es aplicable a cada una de las salidas del procedimiento general.

En esta etapa es importante el desarrollo de la auditoría del sistema. En la literatura consultada autores como Bender [1998] le confieren un peso significativo a la auditoría del sistema logístico. La auditoría logística, según este autor, está integrada por los elementos siguientes:

- Requerimientos de capacidad
- Requerimientos de manipulación
- Requerimientos de almacenaje
- Requerimientos de transportación
- Requerimientos de costo
- Requerimientos de inventarios
- Requerimientos de servicio
- Otros requerimientos

Estos requerimientos han sido tenidos en cuenta a la hora de elaborar cada uno de los indicadores surgidos en la aplicación de la Fase I (KPI) quienes han dado lugar al IINDD y por consiguiente deberán ser considerados también de surgir en etapas posteriores a esta descripción, los mismos han de ser determinados, analizando su comportamiento respecto al estado en que se encontraba antes de implantar las mejoras en la cadena logística.

Para ello se plantea como procedimiento de cálculo el siguiente:

1. Determinación de los datos necesarios para determinar el IINDD y el NSC
2. Determinación del IINDD y del NSC
3. Análisis antes-después del comportamiento del IINDD y de sus componentes y del NSC
4. Elaboración del plan de medidas para corregir las desviaciones
5. Divulgación del plan de medidas
6. Ejecución del plan de medidas

Etapas 34: Análisis crítico de variaciones

Una vez determinadas todas las métricas que muestran el comportamiento del sistema luego de la implantación de los resultados obtenidos, resulta necesario hacer un análisis de las mismas. Esto pudiese conllevar a tener que retornar a muchas de las etapas del procedimiento general, las cuales no son convenientes de citar y menos representar gráficamente dada la complejidad de la figura ver **anexo 8**.

2.4 Conclusiones parciales

1. El procedimiento general, enriquecido con varios procedimientos específicos, constituye una novedad respecto a otras investigaciones, por cuanto aborda a través del paradigma multicriterio el ruteo de vehículos, eliminando el subjetivismo y empirismo en la toma de decisiones que prevalece en las entidades y cadenas de suministro de productos lácteos cubanas.

2. Se aportó un **Procedimiento específico para el diagnóstico** basado en el homólogo presentado en el trabajo doctoral de Marrero Delgado [2001], debido a las necesidades de obtención de información para el estudio, Los aspectos añadidos al mismo resultaron ser el cálculo del NSC y del IINDA/D, estos elementos fueron concebidos para revelar el estado de las cadenas antes y después de la aplicación de las herramientas propuestas, mostrando de esa manera la influencia del ruteo de vehículos en éstos. Por otra parte el mismo se concibió tal que sirviese tanto para cadenas de suministros como para entidades no orientadas a esta filosofía.
3. Se elaboró un **Procedimiento específico para la búsqueda local de soluciones alternativas** del ruteo basado en operadores vecindarios como una vía de superar los inconvenientes de estancamiento en óptimos locales en que caen frecuentemente los procedimientos heurísticos de este tipo.
4. Se reestructuró y argumentó en detalle un **Procedimiento específico para determinar el NSC**, obtenido a partir de resultados de Conejero González [2007], el cual a través de la definición de un conjunto de elementos por parte de los clientes de la cadena y la determinación de sus pesos relativos, permite hacer un análisis de tal indicador.
5. Se desarrolló en forma de **Procedimiento específico para el análisis de la decisión de tercerización**, una estrategia a seguir en los casos en que fuese prudente recibir este servicio total o parcialmente. En el mismo se hace referencia a cómo seleccionar los proveedores a partir de Cespón Castro y Amador Orellana [2003].
6. Se desarrolla un **Procedimiento específico para selección de vías como base a la elaboración de las matrices de vías y distancia** haciendo uso del enfoque multicriterio. El mismo propicia que en el diseño que se realice se circule por las mejores vías de acceso entre los nodos de la red.
7. Se desarrolla un **Procedimiento específico para la preparación del estudio** el cual permite que se sienten las bases organizativas para la realización hasta la implantación y control de las herramientas propuestas.

Capítulo III

Capítulo III: Aplicación de los resultados de la investigación a la distribución de la Leche Concentrada y el Yogurt de soya.

Teniendo en cuenta el enfoque dado al problema científico, se consideró pertinente orientar la comprobación práctica hacia el estudio detallado de las cadenas del Yogurt de Soya y la Leche Concentrada en la provincia de Villa Clara, específicamente en el municipio de Santa Clara, a través de la técnica de estudio de caso. Con ello se contribuye a demostrar la viabilidad y validez del instrumental metodológico propuesto a través de revelar el estado actual de la cadena midiendo el NSC y un conjunto de *KPI* que componen el **IINDA/D** propuesto y la determinación de las mejores vías entre nodos.

3.1. Aplicación del Procedimiento general para el diseño, implantación y control de rutas a la distribución cadena de Leche Concentrada y Yogurt de Soya

A continuación se hará una descripción de la aplicación del procedimiento general y los procedimientos específicos. Todo ello quedará explícito a través del estudio de caso “Rutas de distribución de la Leche Concentrada y Yogurt de Soya”.

3.2.1. Fase I del procedimiento general: Planificación y diagnóstico del objeto de estudio

Esta fase incluye 5 etapas vinculadas de manera general a la definición de los objetivos generales del estudio, al análisis de la situación actual de caso objeto de estudio práctico seleccionado, al análisis de la necesidad de tercerizar y además se prepara en detalles cómo proceder en toda la investigación a través de un cronograma de trabajo para lo cual se conforma un equipo de trabajo.

Etapas 1: Definición de los objetivos de trabajo

Los objetivos del estudio están encaminados a dar solución al problema científico de la investigación y con ello validar la hipótesis de la investigación. En este caso se centraron en detallar el estado actual de la distribución estudiada determinando con ello el NSC actual y el desempeño del proceso de distribución a través del cálculo del **IINDA/D** y en conformar las matrices de vías y distancias entre todos los nodos/clientes de la red de distribución.

Etapas 2: Selección de la cadena o sistema de distribución

Debido a la importancia social que tiene la Leche Concentrada por ser la que se distribuye a niños de 2 a 6 años de edad, embarazadas y enfermos con dietas, así como el Yogurt de Soya para niños y adolescentes de 7 a 12 el alcance del estudio quedará enfocado a estas dos cadenas, haciendo énfasis en el ruteo de vehículos tributando a una futura optimización de la distribución hacia cada uno de los clientes.

Etapas 3: Preparación del estudio

En las diferentes visitas a la entidad, tanto este año como el anterior los autores han hecho énfasis en la importancia del estudio a los diferentes miembros que han estado involucrado en el

mismo. En estos encuentros, los autores han explicado en detalle, a modo de pequeñas capacitaciones, las características del instrumental metodológico a aplicar en toda la investigación. De una forma u otra todos los miembros han recibido esta charla.

Para la selección de los miembros del equipo de trabajo se siguió un **Procedimiento específico para la preparación de estudio**, donde la determinación del número de expertos va a estar dada por la aplicación de una serie de pasos definidos por Hurtado Mendoza (2003), los mismos se pueden ver en el anexo 9, conformado por 8 expertos los cuales se escogieron de un total de 10 que eran inicialmente y que serán utilizados durante todo el estudio, estos cálculos se podrán apreciar en el anexo 10

Etapas 4: Procedimiento específico para el diagnóstico

Como se plantea en el **Procedimiento específico para el diagnóstico** de la situación actual de la cadena de Leche Concentrada y de Yogurt de Soya, detallado en el Capítulo 2 de esta investigación, se ejecutan tres fases: Planificación del estudio, caracterización detallada de la cadena y determinación y verificación de la causas, a continuación se detallan estas brevemente.

Fase 1 del procedimiento específico de diagnóstico (etapas 1, 2, 3 y 4)

Las cadenas objeto de estudio tiene como eslabón primero los centros de acopio de leche cruda perteneciente al Ministerio de la Agricultura y agricultores independientes, quienes aportan diariamente esta leche que será utilizada posteriormente como materia prima en la obtención de la Leche Concentrada, en segundo lugar está la Unión Láctea Nacional, ubicada en Ciudad de La Habana, que provee las restantes materias primas que serán utilizados en la producción de cualquiera de los dos productos en cuestión.

Otro de lo eslabones es la Empresa de Productos Lácteos “La Villareña” ubicada en la circunvalación sur, municipio Santa Clara, lugar donde se produce la Leche Concentrada y el Yogurt de Soya, a la que pertenece una pequeña flota de camiones dedicados al acopio y distribución de los productos. Esta empresa produce fundamentalmente Leche Concentrada, Leche Fluida Pasterizada, Yogurt de Soya y, Queso Fundido.

Un eslabón más de la cadena lo constituyen los clientes finales, entre los que se encuentran: hospitales, los círculos infantiles, secundarias básicas, la Empresa de Comercio, bodegas y puntos de distribución.

Para el establecimiento, organización y capacitación del equipo de estudio se determinó el número de expertos necesarios teniendo en cuenta una serie de aspectos cualitativos como son el conocimiento, experiencia, imparcialidad y grado de comprometimiento con la actividad que se desarrollará, para ello se utilizó la expresión: 2.1.

Fase 2 del Procedimiento específico de diagnóstico (etapas 5, 6, 7, 8 y 9)**Análisis de las relaciones con el entorno**

Los principales desechos que existen en las dos líneas de producción son:

- Residuales de grasa vegetal
- Envases plásticos desechados
- Gases de combustión de calderas
- Residuales de leche y sub.-productos

Los residuales de grasa vegetal así como los de leche y sub.-productos son vendidos a las empresas porcinas por un convenio existente con las mismas. Los desechos de envases plásticos se almacenan y se venden a la empresa de recuperación de materias primas por la unidad empresarial de base. La basura no recuperable, se traslada en vehículos de la empresa hasta el vertedero municipal. El gas expulsado de las calderas es de color verde y en ocasiones se puede ver una neblina que aunque no se ha hecho un estudio de su posible toxicidad debe ser dañino para el hombre; basando esta afirmación en las constantes quejas de los trabajadores.

Análisis del subsistema de aprovisionamiento

La misión principal del acopio es la recolección de la materia prima fundamental que entra a este: leche fresca. Para la compra se estipula un contrato anual con cada proveedor, que contiene la cantidad a suministrar por los mismos al año, por meses y los requerimientos de calidad que debe poseer la leche recolectada. Para la recepción de la leche acopiada se cuenta con un área de recibo con una capacidad de 70000 litros de leche diaria. Actualmente se reciben cerca de 50000 litros de leche, por lo que el área de recibo se utiliza a un 71.43% de su capacidad total.

El proceso de acopio cuenta con 16 carros acopiadores, manejados, por la misma cantidad de obreros. Estos son los encargados de transportar la leche de las vaquerías a la fábrica. El comprador es el propio carrero, mediante un sistema de vales, que contiene el nombre de la vaquería, cantidad de litros, peso específico de la leche y la firma del proveedor y del chofer. El proveedor se queda con una copia de este, y con la información del vale se realizan, al concluir el período, la preconciación y conciliación final, donde deben coincidir las nóminas del proveedor y del acopiador.

Según indica el procedimiento antes descrito, el chofer deberá dejar constancia en el vale del peso (densidad) de la leche. Esto, en estos momentos, es imposible por la falta de lactodensímetros, instrumento que se utiliza para este fin, por lo que se recoge en el área de recibo, una muestra de la leche de cada ruta, se anota el peso con que llegó a la fábrica que al no haberse medido en la vaquería, es el peso oficial por el que se le paga al proveedor; entonces

son recogidas muestras por el laboratorio, luego de estar almacenada toda la leche en los tanques se guarda donde se realizan pruebas de peso, acidez y porcentaje de grasa.

La leche debe llegar al área de recibo con los parámetros de entrada siguientes: un peso de 1,029 cm³/kilogramos o más, un porcentaje en grasa superior al 3,20%; con estas especificaciones, la leche se le paga al proveedor a 2.58\$/litros. También se tienen en cuenta la cantidad de agua en bloques de hielo que se adicionan en los carros para que la leche no llegue con mayor acidez que lo admitido a la fábrica, lo cual es controlado por el departamento de acopio.

Los camiones cisternas poseen para transportar la leche: tanques de aceros y tanques de fibras de vidrio o alevines; estos son de menor calidad, debido al costo que representan los tanques de acero inoxidable y la facilidad de reparación de los alevines en entidades cubanas, se ha preferido por parte de la empresa, la reparación de estos y no la compra de los de acero, a pesar que esto trae consigo derrames de leche y carros fuera de servicio por algunos días.

Análisis del subsistema de producción

- Leche concentrada

La tecnología se instaló en el año 1976, ya con 10 años de explotación a nivel mundial, esto unido a la carencia de piezas de repuestos hace difícil la situación del proceso que inicialmente tuvo una capacidad de 135000 litros de leche diarios y que actualmente solo puede procesar unos 75000 litros de leche al día. Los más de 40 años de explotación de la tecnología, provocan que sean frecuentes las roturas y la escasez de piezas de repuestos, esto provoca que muchas de ellas se innoven en la planta, no alcanzando los resultados de las piezas originales. Unido a esto, actualmente existen salideros de vapor y agua por roturas frecuentes.

El personal que labora en el proceso productivo se clasifica en obreros y técnicos, 2 brigadas de 9 personas con un jefe de brigada, trabajan 1 turno al día, 12h y media por 36h de descanso y cuentan con vacaciones planificadas de 12 días cada 6 meses.

La distribución de los equipos de elaboración en la planta, permite el fácil manejo de las producciones, que en su mayoría se transportan por tuberías.

El proceso de producción de la leche fluida concentrada, se describe a continuación:

La leche es almacenada en el área de recepción y después se le realizan pruebas de acidez y veterinaria, se comprueba que la misma está apta para el proceso productivo, esto se realiza mediante una muestra que pasa al laboratorio donde se mide además su peso específico y el porcentaje de sólidos no grasos. La leche entonces, se somete al enfriamiento y se almacena en tanques de 15000 litros, hasta una temperatura de 4 a 6 grados centígrados, luego se procede a estandarizar la leche, de acuerdo con la información obtenida de la segunda muestra. Luego se le añade leche descremada y grasas vegetales en un tanque de unión hasta lograr los

parámetros requeridos. La leche en polvo es diluida y seguidamente se mezcla con las grasas vegetales, estas se homogenizan y llegan al tanque de unión. La leche estandarizada se pasteuriza, eliminando la mayoría de los microorganismos patógenos que resultan adversos y luego se homogeniza. Se almacena posteriormente hasta que se estabiliza la temperatura y se le realiza un control por el laboratorio de la composición, de la temperatura y sensorialmente, del estado de la leche pasteurizada. Luego pasa al área de llenado, donde se envasa la leche en bolsas a las cuales se le hace una pequeña inspección con el objetivo de ver la calidad de esta operación; después estas se depositan en cajas (a razón de 20 por cajas) que van directamente al camión para su distribución.

- Yogurt de Soya

La carencia de piezas de repuesto y la exigencia de gran cantidad de equipos obsoletos, que han tenido un tiempo prolongado de explotación, limitan la obtención de mayores volúmenes productivos, en este caso se encuentra la línea de fabricación de yogurt de soya, la cual, a pesar de tener pocos años de explotación presenta un régimen de trabajo alto, debido a que este producto de la canasta básica hay que ofertarlo diaria e ininterrumpidamente a la población. Además de ser la línea que más problemas presenta a la hora de darle el mantenimiento planificado, por lo explicado anteriormente y por la disponibilidad de recursos.

El flujo productivo comienza con la extracción del almacén de 64 sacos de fríjol de soya sin cáscara, estos se trasladan en un montacargas hacia el área de procesamiento, una vez allí se vierte saco a saco el producto en un embudo que alimenta al dosificador de soya que deposita 13.4 Kg/min. de fríjol al tornillo sin fin que demora diez minutos en ablandarlos con una solución de bicarbonato al 0,5%, después se vierte a otro dosificador que suministra la misma cantidad a otro molino y este alimenta al tanque colector, de aquí se bombea al calefactor de leche donde se calienta el líquido que luego cae al retenedor el cual se encarga de rectificar la temperatura hasta los 135 grados (el líquido que no alcanza esta temperatura se devuelve al molino número uno para volver a procesarlo en el tanque colector), luego este líquido pasa al tanque de flasheo donde se liberan los gases a la atmósfera perdiendo el sabor a fríjol y el líquido producto final sale al molino número dos para terminar de triturar las partículas que queden y luego una bomba lo impulsa a los depósitos de leche estandarizada, donde se le incorpora el sirope, seguidamente se pasa esta leche de soya con sirope a los tanques fermentadores donde se le añade el sabor y se realiza la adicción del cultivo industrial obteniéndose soyurt listo para embolsar. El yogurt de soya una vez envasado en bolsas cae en una estera que lo traslada hasta donde se encuentra un operario que se encarga de colocar manualmente las bolsas en cestos plásticos.

Para un análisis sintetizado de los subsistemas de producción de Yogurt de Soya y Leche Concentrada presente en las cadenas de suministro objeto de estudio, véase los **anexos 11 y 12**, en los cuales presentan los diagramas de flujos.

Análisis del subsistema de distribución

Existe en el establecimiento, ubicado en un nivel inmediato inferior al administrador, el Departamento de Comercialización y Ventas, que tiene como función la distribución y venta de los productos lácteos, a los diferentes puntos de ventas de la provincia. Este Dpto. se encarga de la distribución del Yogurt de Soya y la Leche Concentrada que se entrega a las zonas urbanas y rurales del municipio de Santa Clara. Estos productos se entregan en bolsas, las cuales los conservan durante un tiempo mayor.

La empresa carece de carros refrigerados para la distribución de las producciones, solo posee 9 para ambos productos, por lo que muchas veces al presentar alguna que otra rotura en los camiones los recorridos de los otros se hacen mayores, lo que aumenta el tiempo de estancia de los productos en un carro no climatizado atentando así contra la higiene y buen estado de los mismos. La distribución comienza en horas tempranas de la mañana (3.00 a.m.), así que ya a las 7.00 a.m. en las bodegas debe estar la mercancía aunque en ocasiones se llega a algunas de esta en horarios más tarde, en las bodegas no existen definidas ventanas de tiempo. La mayoría de las unidades no tienen medios de refrigeración lo que atenta con los requerimientos necesarios para su almacenamiento por lo que su venta es de tiempo limitado (2h). Si se corta la leche o el yogurt en algún punto de venta o durante la transportación, al igual que si hay algún faltante de bolsas, las unidades afectadas inmediatamente avisan a los puestos de mando del Ministerio de la Alimentaria de la provincia, los cuales notifican a la empresa; así por la tarde llega el yogurt o la leche concentrada a las unidades proveniente de una nueva producción, siempre que halla una cantidad suficiente de leche acopiada, si se presenta el caso de que no se puede hacer una nueva producción de leche concentrada los consumidores pueden dirigirse a las tiendas pilotos de cada localidad para allí adquirir leche en polvo.

Precisión de los clientes y sus características

La precisión de los clientes del Combinado Lácteo “La Villareña” de Santa Clara se hace mediante una coordinación con las Oficinas de Registro de la Población para la distribución de yogurt y leche a las bodegas, para ello se realiza un censo semanal que varía en dependencia del posible aumento o disminución de las dietas, beneficiándose así niños de 2 a 6 años, de 7 a 12 años, embarazadas y enfermos. En el caso específico de los hospitales existe un acuerdo con el Ministerio de Salud que en cada hospital debe existir una reserva de leche (en polvo) para cualquier posible afectación en el sistema de entrega y en alguna variación del número de

pacientes; esto se hace de esta forma debido a que el sistema de pedidos de leche no es el mismo que con las Oficinas de Registro de la Población.

Segmentación del mercado

Dado a las características de los productos en cuestión y que los mismos son subsidiados por el país, pertenecen a la canasta básica, los clientes del mismo son predeterminados por la Unión Láctea y el Gobierno Provincial y no existe ningún nivel de prioridad a la hora de su distribución en lo que respecta a dejar sin distribuir a alguno de ellos; por lo que se puede deducir que el mercado de estos productos no presenta grado alguno de segmentación.

Análisis de la gestión del transporte

Para la distribución de la Leche Concentrada y el Yogurt de Soya, la empresa cuenta con 9 medios de transporte (ZIL -130 remotorizados) con un promedio de recorrido por litro que varía entre los 4.2 y 4.6 Km./L, los cuales tienen una capacidad dinámica de 4,5 t, en los que se transporta ambos productos con el fin de utilizar la mayor capacidad posible de los vehículos, por lo que cada camión cubre una ruta de distribución, estos no cuentan con sistema de refrigeración que garantice el transporte adecuado de este producto dado a que son medios muy antiguos.

Análisis de los flujos material, informativo y financiero

Para un análisis sintetizado de los flujos material, informativo y financiero véase el **anexo 13**, en el mismo se presentan dichos flujos a través de un Modelo General de Organización.

Estudio de nivel del servicio al cliente

En la empresa se conoce la importancia de complacer al cliente en la medida en que esto sea posible. No existe en la entidad un patrón o una serie de indicadores que permitan medir el NSC. La forma en que se mide este servicio es mediante una constante comunicación entre proveedores y clientes apoyados por encuestas realizadas por la Oficina de Registro de Consumidores y un seguimiento de todas las quejas y sugerencias obtenidas. Entre las principales inquietudes planteadas por los clientes están: la acidez de la leche, la pureza, el sabor, el tiempo que se mantiene sin corromperse. El resultado de las encuestas así como las quejas y sugerencias son enviados al departamento de calidad para buscar la deficiencia y dar en la medida de lo posible solución al mismo.

Determinación del NSC

En la evaluación del NSC para las cadenas de la Leche Concentrada y el Yogurt de Soya, productos líquidos que se producen en bolsas de polietileno y los cuales deben ser colocados para su posterior distribución en cajas plásticas para garantizar que no ocurran roturas dado a que son productos muy frágiles, debe tenerse en cuenta que son productos perecederos que deben ser almacenados y transportados a una temperatura de $(10^0 \pm 2^0)$ para lograr una buena conservación.

La mayor expectativa del cliente es que los productos les sean entregados en condiciones óptimas para su consumo, que lleguen en tiempo y estén siempre disponibles por ser los mismos un elemento fundamental para el desayuno de una parte de la población, así como que se tenga información constante sobre el estado de los pedidos y se atiendan las reclamaciones debidamente.

Los productos generalmente son entregados con la calidad requerida, en el lugar y en el tiempo que se desea. En ocasiones existen problemas a la hora de su entrega lo que ocasiona que se deterioren algunos productos creando un riesgo a la hora de su consumo. Para determinar el número de expertos, expertos que determinarán los elementos que influyen en el NSC, se realizará el cálculo con la expresión 2.1 ya citada, el equipo multidisciplinario de trabajo quedó conformado en la etapa 2. Los 8 expertos se escogieron de un total de 10 que eran inicialmente según los coeficientes de de competencias de cada uno de ellos, ver anexo 10

Estos después de emitir sus criterios, fundamentados en todas las fuentes de obtención de criterios ampliamente citadas en esta investigación, definieron los elementos que deberían ser tratados para evaluar el NSC son los que se relacionan a continuación:

- Ciclo Pedido-entrega
- Fiabilidad
- Disponibilidad
- Atención a reclamaciones
- Información sobre el pedido

Siguiendo los pasos utilizados en la Fase 1 del Procedimiento específico de diagnóstico se determinaron los coeficientes, los cuales fueron aceptables y podrán ser vistos en el anexo antes citado.

Determinación de los pesos por elementos

Los pesos se determinaron haciendo uso de los expertos a través de la conocida matriz de rangos, la concordancia de los juicios emitidos por ellos, así como la determinación de la confiabilidad se puede apreciar en el anexo 14 con el resultado de la evaluación de los expertos, donde 5 es el más importante y 1 el menos.

Al seguir el procedimiento detallado para la definición de los valores óptimos, se realizó un promedio de los valores emitidos por cada experto, **ver anexo 15**, teniendo en cuenta que cada uno de ellos es igualmente importante, obteniendo el resultado que aparece en la tabla 3.1 en caso del promedio no ser un número entero como es el caso de fiabilidad y disponibilidad, se redondea al valor mas crítico, en esta misma tabla aparecen los valores medidos de cada elemento

Tabla 3.1 Valores óptimos dados por los expertos

CRITERIOS REPRESENTATIVOS DE LOS ELEMENTOS	VALORES ÓPTIMOS	VALORES MEDIDOS
Tiempo Pedido-Entrega (to)	170h	175h
Fiabilidad (F)	95%	92%
Disponibilidad (D)	96%	91%
Atención a reclamaciones (Ar)	94%	90%
Información sobre pedidos (Ip)	2h	4h

Fuente: Elaboración Propia.

Además de que en el procedimiento los autores han indicado como proceder para la determinación de los rangos en que se ha de mover cada criterio, se ha decidido utilizar los ya expuestos por Conejero González [2007], los que fueron debidamente explicados en el capítulo II.

Al realizar las mediciones pertinentes de cada elemento y luego de darle la puntuación correspondiente se obtuvo los resultados que se reflejan en la tabla 3.2

Tabla 3.2 Resultado de la Evaluación del Nivel de Servicio al Cliente

ELEMENTOS	Peso (Wi)	1	2	3	4	5	Ponderación
Ciclo Pedido-Entrega	0.26				X		1.04
Fiabilidad	0.26			X			0.78
Disponibilidad	0.21				X		0.84
Atención a reclamaciones	0.14			X			0.42
Inform. Sobre el pedido	0.13			X			0.39
Total	1.00						3.47

Fuente: Elaboración propia

$$NSC = (3.47 / 5) = 0.694 * 100 = 69.4\%$$

Al determinar el NSC brindado, se obtuvo como resultado que este era del 69.4 % el cual se considera deba aumentar con el trabajo en los elementos que fueron determinados por los expertos como de mayor importancia y que estén vinculados directamente con el ruteo de vehículos, as con el diseño de una nueva ruta que descarte la forma empírica y añada otras técnicas como las mencionadas en el capítulo 1.

Determinación de los indicadores por dimensión

Las expresiones de cálculo para la determinación de los *KPI* y *IINDD/A* utilizadas en toda la investigación, podrán ser consultadas en el **anexo 5**. Los resultados obtenidos del cálculo de los

mismos aparecen en **anexo 16** y los datos auxiliares para estos cálculos pueden ser apreciados en el **anexo 17**.

Determinación del IINDD

$$\text{IINDD} = 0.3333 *(0.7240) + 0.1666 *(0.1354) + 0.25 *(0.9507) + 0.125 *(0.4250) + 0.125 *(0.9114) = 0.6684 *100 = 66.84\%$$

Según la escala determinada por los expertos este valor es considerado malo. Los pesos utilizados pueden ser consultados en el **anexo 18**.

Principales conclusiones del diagnóstico:

- El mantenimiento a los equipos de producción así como a los medios de transporte se realiza solo cuando estos presentan roturas, salvo algunas excepciones que se hace con anterioridad, (cambios de aceite y algunos líquidos)
- No existe posibilidad por parte de los clientes de recibir el producto antes de las 7:00 AM.
- Los vehículos no poseen condiciones climatizadas para transportar los productos
- Existe poca comunicación directa entre los proveedores y los clientes.
- Debido a que las rutas actuales se conformaron de forma empírica los vehículos no poseen un itinerario que marque cuál debe ser la hora de llegada al primer punto de distribución, tiempo que demora entre un punto y otro y la hora en que debe finalizar.
- No existe un sistema de refrigeración en la fábrica que permita almacenar los productos por lo que estos pasan directamente del envasado al vehículo.
- No hay una estabilidad en cuanto a la asignación de los camiones de distribución a una misma ruta.

Etapas 5: Procedimiento específico para el análisis de la decisión de tercerización

Para el análisis de la posibilidad de de tercerizar o no se determinó la capacidad real de distribución y la demanda, para con ello realizar un balance carga-capacidad. La demanda real en estos momentos es de aproximadamente 247305 bolsas (abril), lo cual no siempre es igual por la variación semanal de la misma, mientras que la capacidad real de los camiones de distribución de más de 900000 bolsas/mes, siempre y cuando estén operando los 9 vehículos. Por este motivo según el **procedimiento específico para el análisis de la decisión de tercerizar** (figura 2.5), no se terceriza y se sigue transportando con los medios propios.

2.3.2. Fase II del procedimiento general: Diseño del sistema de ruteo

Esta fase, incluye 24 etapas vinculadas al desarrollo de la solución y que devienen lo de mayor impacto en el logro de los objetivos del estudio.

Etapas 6: Determinación, selección y preparación de expertos

En esta etapa se mantiene los mismos expertos que se han utilizado durante toda la investigación.

Etapas 7: Definición del tipo de ruta

En consecuencia con la situación problemática planteada y los resultados del diagnóstico, los autores han enfocado su estudio en el ruteo de vehículos y específicamente en las rutas de distribución.

Etapas 8: Análisis de la complejidad computacional del problema

La complejidad computacional del caso objeto de estudio práctico, siendo consecuente, a lo cual se le debe sumar el análisis de métricas asociadas a las ventanas de tiempo y su amplitud, al número de nodos, a no linealidades o convexidades, etc., resultó ser *NP-Hard*. Esto justifica el uso de procedimientos heurísticos lo más acertados posibles, que evitando estancarse en óptimos locales, permitan alcanzar las soluciones deseadas en un tiempo computacionalmente prudencial.

Etapas 9: Clasificación del problema según la tipología definida y usada en la investigación

Según la topología definida en el capítulo I de esta tesis el tipo de problema recibe la terminología de *CVRP*, ya que esta variante de *VRP* es más genérica y práctica, donde la cantidad total a distribuir en cada ruta no excede en ningún momento la capacidad del vehículo que le distribuye.

Etapas 10: Análisis de la correspondencia entre el tipo de problema y la naturaleza multicriterio concebida para la investigación (análisis de pertinencia)

Se trata de un problema en el cual se justifica, independientemente de la clasificación dada en la etapa anterior, el uso de múltiples criterios de decisión pues se distribuyen productos de gran impacto social, político y económico en la sociedad. La toma de decisiones multicriterio impone además, una ventaja competitiva que si bien no es necesaria para los productos estudiados por ser estos únicamente ofertados por esta entidad en la provincia, deviene sin dudas incrementos en el NSC.

Etapas 11 y 12 Establecer combinaciones y Rutas para productos únicos

Las combinaciones de productos a transportar, se pueden avalar por consideraciones técnicas y requerimientos de los medios y productos, por petición de los clientes siguiendo las normas cubanas NC 492:2006, NC 454:2006, NC 452:2006, que regulan las condiciones de manipulación y almacenamiento, transporte, envases y embalajes de productos lácteos particularizando temperaturas en las que se deben transportar y almacenar, así como prohibiendo en algunos casos su transportación y almacenaje con otros productos de características diferentes.

En el caso de estudio ambos productos tienen envases y características similares, por lo que pueden ir juntos en el mismo vehículo sin dificultad, como lo han estado haciendo hasta el momento.

Siguiendo la terminología definida en el Capítulo II, no se define rutas para productos únicos.

Etapas 13: Especificación de las condiciones y restricciones para el ruteo

Para la distribución de alimentos, en este caso específico de productos lácteos es necesario entre otras cosas un sistema de refrigeración adecuado. La distribución debe realizarse antes de las 9 de la mañana para los productos en cuestión, y por las características del ruteo antes mencionado en ocasiones se ha incumplido con este horario trayendo consigo la insatisfacción de los clientes en este aspecto ya sea por la tardanza como por el mal estado del producto debido a la mencionada falta de refrigeración. Además es necesario que se realice una correcta manipulación del producto por la característica del envase, al igual que se efectúe de forma correcta el llenado y envasado del producto, debido a que este es un envase frágil que con facilidad se quiebra y aunque esta no sea la principal inquietud del cliente propicia la insatisfacción del mismo.

Etapas 14: Asignación y/o sectorización de clientes

En estudios previos a esta investigación la unidad en cuestión sectorizó sus zonas de distribución quedando conformado para el yogurt los sectores de Manicaragua, Ranchuelo, Santo Domingo y Santa Clara y para la leche concentrada el sector de Santa Clara, este estudio se centra solamente en el sector Santa Clara para ambos productos.

Etapas 15: Selección de vías como base a la elaboración de las matrices de vías y distancia

La matriz de vías se obtuvo a través de la utilización de varios medios (mapas, datos de oficinas de consumo, etc.) y *softwares* (*Google Earth 2008*, *MapInfo Professional 8.5*), que sirvieron para la generación de todas las alternativas “posibles” y la medición y registro trabajosos de las cuadras, nombres de las calles y distancias por carreteras y calles correspondientes a cada una de éstas, la matriz de distancias se ha derivado de ella. Para mejor comprensión véanse en el [anexo 19](#).

Etapas 16: Definición de los criterios de decisión

Para la obtención de los criterios, tanto para la selección de las vías mejores como para la conformación de las rutas, se decidió teniendo en cuenta las fuentes de obtención de criterios antes citadas, utilizar una tormenta de ideas y se generaron un conjunto de estos los cuales posteriormente fueron depurados por medio de un trabajo grupal basado en debates intensos hasta finalmente coincidir con total consenso en que los criterios para las vías y las rutas serían los siguientes:

Tabla 3.3 Criterios de decisión para la selección de vías y nodos de la ruta

CRITERIOS DE VÍAS	CRITERIOS PARA LA CONFORMACIÓN DE RUTAS
Velocidad de operación	Distancia
Distancia	Enfermos

Calidad de la vía	Cantidad de niños
Tráfico	Embarazadas
Retardo (Relieve)	

Fuente: Elaboración propia según consenso de los expertos.

El caso de Calidad de la vía y Tráfico están en una escala de valores entre 5 y 1 donde para calidad de la vía, 5 es el valor más favorable y para el tráfico 1.

Se han querido comentar algunos términos que bien podrían demandar una explicación:

- a. Calidad de la vía: Estado en que se encuentran éstas para la circulación de vehículos por ella.
- b. Tráfico: Es una medida del promedio de vehículos que circulan en las vías pertinentes.
- c. Velocidad de operación: La máxima velocidad de marcha que puede mantener con seguridad un conductor en una vía determinada, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y la vía, sin exceder en ningún momento la velocidad de diseño.
- d. Ruta única: Es aquella ruta conformada por un único nodo el cual excede en demanda al vehículo disponible de mayor capacidad.
- e. “Corte” de la leche: Se refiere a cuando esta materia prima o producto final, pierde las condiciones adecuadas para el consumo o elaboración de derivados.
- f. Descomposición del yogur: es cuando este producto final no reúne los requisitos necesarios para su consumo, ya sea por dificultades en su transportación o en su producción.
- g. Relieve: Está dado por las diferentes irregularidades de la vía, ya sea por elevaciones o por curvas.

Etapas 17: Determinación de la importancia relativa de los criterios de decisión

Se utilizaron los métodos de Tasación Simple y la Entropía. Para el cálculo de los pesos subjetivos el equipo de trabajo definió con total consenso una escala de 1 a 10 siendo 10 el valor más favorable. La versión inicial del *software MultiRutas*, que fue de gran utilidad en esta etapa al tener implementadas las dos formas citadas de determinación de pesos subjetivos y objetivos, para el caso de los pesos de los criterios para la definición de las vías sólo decidió trabajar con el método de tasación simple debido a que los autores lo entendieron pertinente y suficiente para los fines perseguidos.

Etapas 18 a la 34

La no existencia del *software MultiRutas* en una versión que incluya los cambios y aspectos novedosos añadidos en la investigación respecto a su versión inicial y que ayude al procesamiento de los datos, no propició que se prosiguiese con la realización de las demás etapas, quedando orientadas para estudios posteriores.

3.4 Conclusiones parciales:

- Se aplicó un procedimiento específico de diagnóstico con el cual se pudo detallar el estado actual de las distribuciones estudiadas, resaltando en estos, el empirismo y subjetividad en la toma de decisiones. Este diagnóstico se valió del cálculo del NSC y el **IINDD/A** cuyos resultados fueron de regular para ambos
- Mediante un Procedimiento específico para selección de vías como base a la elaboración de las matrices de vías y distancia quedó definida de manera parcial y como una muestra las matrices de vías y distancias, estas sirven de base invariable al posterior diseño de las rutas.
- Se aplicaron las distintas etapas del procedimiento general propuesto hasta donde las tecnologías desarrolladas hasta la fecha en la investigación y el tiempo del cual se dispuso lo permitieron, quedando de esta manera sentadas las bases para la culminación en etapas posteriores.

Conclusiones

Conclusiones Generales

1. El estudio bibliográfico realizado asociado a la construcción del Marco Teórico-Referencial de la investigación, confirma la existencia de una amplia base conceptual sobre la Logística y sus aplicaciones y sobre el paradigma decisional multicriterio como una alternativa más cercana a la realidad de los procesos decisorios del hombre que el paradigma monocriterio. Sin embargo, se hallaron muy pocos precedentes, en la bibliografía consultada, de la integración de la Logística con el enfoque multicriterio, en lo que respecta al ruteo de vehículos, así como su aplicación a cadenas de productos lácteos.
2. El indicador **IINDD/A**, con una estructura multicriterio dada por las diferentes dimensiones e indicadores que lo componen, obtenido como resultado de este Trabajo de Diploma permite determinar el nivel de desempeño de la distribución, así como de cualquier otro proceso logístico al cual se aplicado haciendo uso de los debidos indicadores.
3. En el contexto de la investigación realizada en este trabajo de diploma quedó demostrado, independientemente de no haber sido aplicado el procedimiento en su totalidad, que la toma de decisiones con enfoque logístico, esencialmente en el ruteo de vehículos, en las cadenas de la leche concentrada y el yogurt de soya, requiere ser realizada bajo nuevos conceptos e instrumentos metodológicos que permitan integrar los conocimientos teóricos, con aquellos de carácter práctico aportados por los actores involucrados, considerando la solución del problema en toda su complejidad y eliminando así su carácter empírico.

Recomendaciones

Recomendaciones

1. Perfeccionar la manipulación de los productos en la fábrica y la forma de unitarización de éstos para la transportación, por ser una de las causas que provoca roturas y mala calidad en los productos terminados y afecta el NSC y el nivel de desempeño de la distribución.
2. Enfatizar el trabajo en aquellos elementos del servicio al cliente con mayor peso, tal que se sepa cuál de los atributos que ellos poseen determina en mayor cuantía su comportamiento.
3. Continuar con la aplicación del procedimiento propuesto, además de la validación del mismo para diferentes tipos de problemas de rutas en cadenas de suministro, a través de la continua aplicación del mismo a diferentes objetos prácticos, y crear un *software* que ayude a la aplicación del mismo.
4. Incorporar los procedimientos y experiencias de esta investigación, aunque no fue concluida en su totalidad, en la enseñanza de pregrado de las disciplinas Logística y Matemática Aplicada de manera que los actuales y futuros profesionales de la Ingeniería Industrial integren al proceso de toma de decisiones logísticas, el paradigma decisional multicriterio.
5. Determinar, con el objetivo de ser menos subjetivos en las decisiones tomadas en la cadena, la duración de cada uno de los tiempos de carga y descarga de la mercancía por nodo, tal que con ello el tiempo pueda ser considerado como otra restricción o criterio de parada en el sistema de ruteo, así como las posibles horas de llegada y salida a cada nodo.
6. Analizar con la Unión Láctea la posibilidad de acondicionar un almacén que evite el paso directo del producto del área de llenado al vehículo, lo cual atenta contra su buen estado y a su vez contra el buen desempeño del NSC.
7. Aumentar la comunicación proveedor-cliente para que la retroalimentación llegue de forma más directa y así el NSC se afecta lo menos posible.
8. Fijar rutas con carros para crear así un mayor sentido de pertenencia con la tarea

Bibliografía



1. Acevedo Suárez, J. A. & Gómez Acosta, M. I. (2001). Gestión de inventarios. Ed. Centro de Estudio Tecnología de Avanzada (CETA) y Laboratorio de Logística y Gestión de la Producción (LOGESPRO). Ciudad de la Habana.
2. Alonso, S. et al. [2004]. La Meta heurística de Optimización Basada en Colonias de Hormigas: Modelos y Nuevos Enfoques. Disponible en el sitio: [http://sci2s.ugr.es/publications/ficheros/OCH%20Modelos%20y%20Nuevos%20Enfoques%20\(Chapter\).pdf](http://sci2s.ugr.es/publications/ficheros/OCH%20Modelos%20y%20Nuevos%20Enfoques%20(Chapter).pdf). Consultado en febrero 2009.
3. Ballou, H. R. (1991). La logística empresarial. Control y Planificación. Ediciones Díaz de Santos. Madrid.
4. Ballou, R. H. [2005]. Logística: Administración de la cadena de suministro. Quinta Edición. México: Pearson Educación.
5. Balseiro, S. [2007]. Logística y Distribución: Algoritmos para problemas de ruteo de vehículos con restricciones de capacidad y ventanas de tiempo. Universidad de Buenos Aires. *Resumen Ejecutivo de Tesis de Ingeniería Industrial*. Disponible en el sitio: <http://www.iosuperior.com.ar/files/ResumenEjecutivoTesisBalseiro.pdf>. Consultado en febrero 2009.
6. Blanchard, B. (2000). Logistics Engineering and Management. Sixth Edition. En International Series in Industrial and System Engineering. Prentice Hall. USA.
7. Castro Ruz, Raúl [2007] Discurso pronunciado por el Primer Vicepresidente de los Consejos de Estado y de Ministros, General de Ejército Raúl Castro Ruz, en el acto central con motivo del aniversario 54 del asalto a los cuarteles Moncada y Carlos Manuel de Céspedes, en la Plaza de la Revolución Mayor General Ignacio Agramonte Loynaz de la ciudad de Camagüey, el 26 de julio del 2007. En el sitio <http://www.bohemia.cu/2007/07/27/noticias/1-discurso-raul.html>. Consultado en febrero 2009.
8. Catarina [2000]. Introducción. Disponible en el sitio: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/msp/castaneda_r_cy/capitulo0.pdf. Consultado en abril 2009.
9. CEL (Centro Español de Logística) (1993). Diccionario de términos y definiciones logísticas. En <http://www.cellogistica.org/articulos.html>. Consultado en febrero 2009.
10. Cespón Castro, R. & Amador Orellana, M. (2003). Administración de la cadena de suministros. Manual para estudiantes de la especialidad de Ingeniería Industrial. Universidad Tecnológica Centroamericana de Honduras. UNITEC. Tegucigalpa.



11. Clarke, G. and Wright, J.W. (1964): "Scheduling of vehicle from a central depot to a number of delivery points", *Operations Research*, Vol. 12, pp.568-581
12. Christopher, M. L. [1992]. *Logistics and Supply Chain Management. Strategy for Reducing Costs and Improving Services. Pitman Publishing. London.*
13. Comas Pullés, R. (1996). *Logística, origen, desarrollo y análisis sistémico. Logística Aplicada No 1. Ciudad de la Habana.*
14. Cortés, A. [2005]. *Teoría de la complejidad computacional y Teoría de la computabilidad. Revista Infosys Vol. 1, No. 1, pp. 9-18. Disponible en el sitio: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/risi/N1_2004/a14.pdf. Consultado en marzo 2009.*
15. Díaz Parra, O. & Cruz Chávez, M. A. [2006]. *El Problema del Transporte. Disponible en el sitio: <http://www.uaem.mx/posgrado/mcruz/surveykoko.pdf>. Consultado en marzo 2009.*
16. Faulin, J. et al. [2006]. *Construcción de rutas de distribución de mercancías usando criterios medioambientales. Disponible en el sitio: <http://www.navactiva.com/web/es/alog/doc/informes/2006/01/43608.php>. Consultado en marzo 2009.*
17. Flament, M. [2007]. *Técnicas de planificación estratégica. Métodos multicriterio. Disponible en el sitio: http://dml.e.cindoc.csic.es/pdf/TRABAJOSDEINVESTIGACIONOPERATIVA_1992_07_01_14.pdf Consultado en marzo 2009.*
18. González González, R., et al. (1998) *Transporte: Elemento clave en la gestión logística. Logística Aplicada No 4. pp. 9-18. Ciudad de la Habana.*
19. González González, R. (2002). *El modelo Plataforma logística de petróleo en Cuba. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría. La Habana. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.*
20. Gomes, L. F. A. M. & Duarte, A. [1991]. *Una evaluación de proyectos con múltiples criterios. Produção. Vol. 2, No. 1, octubre de 1991. pp 5-19.*
21. Gómez Acosta Marta Inés & Acevedo Suárez, J. A. (2001). *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.*
22. Hernández Komarova, A. et al., (2001). *Sistema logístico de distribución de gas licuado en Ciudad de la Habana. Evento Logística 2001. Ciudad de la Habana.*
23. Hernández Milián, R., et al. (1998). *Logística de la distribución comercial un enfoque sistémico. Logística Aplicada No 4. pp.28-33. Ciudad de la Habana.*
24. Jaque Pirabán, R. A. [2008]. *Métodos Aproximados para la Solución del Problema de Enrutamiento de Vehículos. Disponible en el sitio:*



- <http://andresiaquep.files.wordpress.com/2008/12/estado-del-arte-vrp1.pdf>. Consultado en abril 2009.
25. Jiménez Sánchez, J. E. & Hernández García, S. [2002]. Marco conceptual de la Cadena de Suministro: un nuevo enfoque logístico. Disponible en el sitio: <http://www.azc.uam.mx/alumnos/tradeoff/docu/marco.pdf> Consultado en abril 2009.
26. Gandía Nevado, E. [2007]. Resolución del Problema de Enrutamiento de Vehículos Capacitado (CVRP) mediante swarm intelligence. Disponible en el sitio: <http://www.uco.es/~ma1vesos/docs/docencia/grado/ptp/proyecto00001.pdf> Consultado en abril 2009
27. García Márquez, F. & Laguna, M. [s/f]. Optimización: Conceptos Fundamentales y Tendencias Actuales. Disponible en el sitio: <http://www.terra.es/personal/faustopedro.gar/files/A5.pdf> Consultado en abril 2009.
28. Garza Ríos R. C. (2001). Procedimiento multicriterio para la planificación de las rutas de distribución. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría. Ciudad de la Habana. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.
29. Glover, F. & Laguna, M. [1997]. Tabu Search. Kluwer Academic Publishers.
30. Gómez Acosta, M. I. & Acevedo Suárez, J. A. [2001 (b)]. Diseño del Servicio al Cliente. Ed. Centro de Estudio Tecnología de Avanzada (CETA) y Laboratorio de Logística y Gestión de la Producción (LOGESPRO). Ciudad de la Habana.
31. González González, R. (2002). El modelo Plataforma logística de petróleo en Cuba. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría. La Habana. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.
32. González Vargas, G. & González Aristizábal, F. [2007]. Meta heurísticas aplicadas al problema de ruteo de vehículos. Un caso de estudio. Parte 2: Algoritmo genético, comparación con una solución heurística. Revista Ingeniería e Investigación Vol. 27, No. 1, pp. 149-157. Disponible en el sitio: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/643/64327120.pdf>. Consultado en abril 2009
33. Ignizio, J. & Cavalier, T. (1994). Linear Programming. Prentice Hall.
34. J. Faulin, S. Úbeda y D. Monje (Universidad Pública de Navarra) (30/01/2006). Disponible en el sitio <http://www.navactiva.com/web/es/alog/doc/informes/2006/01/43608.php> Consultado el 16 de febrero de 2009
35. Knudsen González, J. A. (2005). Diseño y gestión de la cadena de suministro de los residuos agroindustriales de la caña de azúcar. Aplicación a los residuos agrícolas cañeros, el bagazo y las mieles. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Santa Clara. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.
36. Lalonde, B. J. & Zinsner, P. H. (1976). Customer Service: meaning and measurement.



37. Lourenco, H. R. [2003]. Aplicaciones Orientadas a los Negocios. Disponible en el sitio: <http://heur.uv.es/metodos/OTROS1.pdf>. Consultado en abril 2009
38. 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.
39. Moraga Suazo, R. J. et al. [2003]. Meta-Raps: un enfoque de solución eficaz para problemas combinatorios. *Revista Ingeniería Industrial* - Año 2, No 1. Disponible en el sitio: http://www.ici.ubiobio.cl/revista/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=23&Itemid=3. Consultado en abril 2009.
40. Moreno Pérez, J. A. & Melián Batista, B. [2005]. Meta heurísticas para la planificación logística. Disponible en el sitio: <http://webpages.ull.es/users/jamoreno/www/talks/TRANSNOVA04M.pdf>
41. Norman, P. [2000]. Logística. Disponible en el sitio: <http://www.weblogistica.com/logistica.htm>. Consultado en marzo 2009.
42. Osman, I. H. & Kelly, J. P. [1996]. "Meta-Heuristics: Theory and Applications". Kluwer Academic Publishers.
43. Ramos, S. A. [2007]. Modelos y Optimización I. Heurísticas y Problemas Combinatorios. Disponible en el sitio: <http://materias.fi.uba.ar/7114/Docs/ApunteHeurísticas.pdf>. Consultado en abril 2009.
44. Reeves, C. (1996). Modern Heuristic Techniques. In Rayward-Smith, I., et al. (Eds), *Modern Search Methods*, John Wiley & Sons.
45. Reinelt, G. (1994). *The Traveling Salesman: Computational Solutions for TSP Applications*.
46. Romero, C. (1993). *Teoría de la decisión multicriterio: conceptos, técnicas y aplicaciones*. Alianza Universidad Textos. Madrid.
47. Ruiz Moncada, N. [2006]. Métodos heurísticos de ruteo de vehículos para el software Arquímedes. Disponible en el sitio: <http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/PROYECTO/P658.78R934M/Capitulo1.pdf>. Consultado en abril 2009
48. Sáez Mosquera, I. et al. (2000). Distribución óptima de combustible por zonas y tipos de clientes. Una aproximación. Evento Logística 2000. Ciudad de la Habana.
49. Salto, C. [2000]. Algoritmos evolutivos avanzados, como soporte del proceso productivo. Universidad Nacional de La Plata, Argentina. *Tesis de postgrado*. Disponible en el sitio: http://www.sedici.unlp.edu.ar/search/downloadp.php?id_document=ARG-UNLP-TPG-0000000027&id_parte=378. Consultado en abril 2009



50. Sandoya Sánchez, F. [2007]. Métodos Exactos y Heurísticos para resolver el Problema del Agente Viajero (TSP) y el Problema de Ruteo de Vehículos (VRP). Disponible en el sitio: <http://www.uaem.mx/posgrado/mcruz/surveykoko.pdf>. Consultado en abril 2009
51. Santos Norton, María Lilia. (1996). Concepción de un enfoque en sistema para la gestión de los aprovisionamientos. Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”. Ciudad de la Habana. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Código 658.785 San C.
52. Sasson Rodes, René. (2005). La cadena de suministro. En <http://www.monografias.com/trabajos31/cadena-suministros/cadena-suministros.shtml> Consultado en febrero 2009.
53. Schroeder, R. G. (2005). Administración de operaciones. Casos y conceptos contemporáneos. Segunda Edición. México: McGraw-Hill.
54. Torres Gemeil, M & Mederos Cabrera, B. [2005]. Fundamentos de la Logística. Pinar del Río. Editado por la Universidad de Pinar del río y la Sociedad Cubano de Logística y Marketing de la ANEC.
55. Valdés Rodríguez, O. A. [2003]. Teoría de búsqueda heurística y teoría de juegos. Disponible en el sitio: <http://docentes.uacj.mx/ovaldez/ia/Curso/Unidad%20III%2003.doc> Consultado en abril 2009

Anexos

Anexo 1: Algunas técnicas usadas en el ruteo

UTILIDAD	TÉCNICA RECOMENDADA	TIPO DE TÉCNICA
Para la selección de rutas de transporte.		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Origen y destino diferentes. 	1) Algoritmo de Ford.	Aproximado
	2) Método de Bellman-Kalaban.	Aproximado
	3) Método de Floyd.	Aproximado
	4) Método de la matriz.	Exacto
	5) Método tabular.	Aproximado
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Múltiples puntos origen – destino. 	1) Método de transporte.	Aproximado
	2) Método de producción transporte.	Aproximado
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coincidencia de puntos origen – destino. 	1) Algoritmo del barrido.	Aproximado
	2) Método de Clark y Wright.	Heurístico
	3) Método de Karg y Thompson.	Heurístico
	4) Método de Lemaire.	Heurístico
	5) Método de Lin y Kernighan.	Heurístico
	6) Método de Ferguson.	Heurístico
	7) Método de Doll.	Aproximado
	8) Método de Bodin, Daouley y Stewart.	Aproximado
	9) Método de Gaskell.	Exacto
	10) Método de Held y Karp.	Exacto
	11) Método de Christofides y Ginozza.	Exacto
	12) Método de Crowder y Fadberg.	Exacto

Fuente: [Torres Gemeil & Mederos Cabrera, 2005].



Anexo 2: Otras Clasificaciones

Clasificación	Técnicas	Características
Exactos	Programación de compromiso	Es una técnica basada en distancias.
	Programación dinámica	Sirve para resolver problemas de optimización en los que es necesario tomar decisiones en etapas sucesivas.
	Programación meta	Constituye, quizás, la primera aproximación a la toma de decisión de un contexto de objetivos múltiples efectuada a través de la programación matemática
	Programación lineal entera	Son problemas de programación lineal en los que se exige que alguna (puros) o todas las variables (mixtos) sean enteros.
	Programación dinámica	Sirve para resolver problemas de optimización en los que es necesario tomar decisiones en etapas sucesivas.
	Ramificación y corte	Es un método de optimización combinatorial para resolver problemas de enteros lineales. Se trata de un híbrido de ramificación y poda con métodos de planos de corte.
Heurísticos	Ramificación y acotamiento	Este algoritmo se encarga de detectar en qué ramificación las soluciones dadas ya no están siendo óptimas, para «podar» esa rama del árbol y no continuar malgastando recursos y procesos en casos que se alejan de la solución óptima.
	Método de los ahorros	Consiste en realizar un único viaje ahorrando distancias, tiempo y costes
	Método del vecino más cercano	Consiste en encontrar rutas secuenciales añadiendo en cada paso el cliente que se



		encuentre a menor distancia del último cliente insertado en la ruta.
	Método del barrido	Consiste en ir "barriendo" la zona de clientes sobre un mapa mediante una línea imaginaria y formar una ruta con todos los clientes que hayan sido barridos en el proceso.
Meta heurísticos	Optimización por nubes de partículas	Es un método de optimización, que une conceptos de inteligencia artificial y computación evolutiva, simulando el comportamiento de los animales sociales (enjambres de abejas, bandadas de pájaros, bancos de peces, etc.).
	Optimización por colonia de hormigas	Es un algoritmo donde un número elevado de agentes artificiales simples, se inspiran en el comportamiento que rige a las hormigas de diversas especies para encontrar los caminos más cortos entre las fuentes de comida y el hormiguero.
	Algoritmos genéticos	Permiten optimizar funciones altamente no lineales y no convexas y se han ampliado para la resolución de problemas cuyas variables de decisión pueden tomar valores diferentes a uno y cero
	Recocido simulado	Este proceso simula el enfriamiento y proceso de temple en metales. No siempre acepta la solución óptima, sino que a veces puede escoger una solución menos óptima. Reinelt (1994) declara que puede entregar resultados de muy buena calidad, pero el tiempo de corridas puede ser largo a medida que la temperatura va lentamente disminuyendo. Esta técnica se ha venido aplicando por Metropolis, Rosenbluth & Teller (1953), Kirkpatrick, Gelatt, & Vecchi (1983) y Cerny (1985) y algunos artículos presentan excelentes revisiones sobre el enfoque de la misma, como: Collins, Eglese, & Golden (1988), Tovey (1988) y



		Eglese (1990).
	Búsqueda tabú	Reinelt (1994) declara que las dificultades básicas de esta meta heurística son el diseño de una lista tabú razonable, el manejo eficiente de la lista, y la selección de la movida más apropiada que no sea prohibida. Autores como: Laporte, Gendreau, Potvin, & Semet (2000) la consideran como la más reconocida entre las metaheurísticas y ha sido extensamente aplicada a numerosos problemas combinatorios tales como: ruteo de vehículos y el viajante de comercio.
	Redes neuronales	Está basado en un modelo informático de la manera en que están conectadas las neuronas del cerebro.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3: Tipologías del VRP y sus características

Variantes del VRP	Siglas en inglés	Características
VRP con múltiples depósitos	<i>MDVRP</i>	El vendedor usa varios depósitos o almacenes para suministrar los productos a sus clientes. El objetivo del problema es el servicio a todos los clientes y reducir al mínimo el número de vehículos y la distancia de viaje
VRP periódico	<i>PVRP</i>	Las entregas se realizan en un período fijo. En este modelo la demanda diaria de un cliente siempre es fija y se satisface con un único vehículo
VRP con capacidad limitada	<i>CVRP</i>	Es la variante más genérica y práctica donde la cantidad total asignada a cada ruta no debe exceder la capacidad del vehículo
VRP estocástico	<i>SVRP</i>	Algunas variables como el número de clientes, demanda, tiempo de servicio y de viaje, son aleatorias y varían con el tiempo, cuando esto ocurre no es posible cumplir con todas las restricciones y suelen relajarse algunas de estas
VRP con retornos	<i>VRPB</i>	Se debe cumplir que todas las entregas se realizan antes de las recogidas, conociéndose las cantidades de antemano. Los clientes pueden demandar o devolver artículos, por tanto se necesita tener en cuenta que los bienes que los clientes devuelven quepan en el vehículo
VRP con recogidas y entregas	<i>VRPPD</i>	Además de las entregas realizadas a los clientes, de manera simultánea se



		realizan recogidas retornando algún tipo de producto que debe cumplir con la capacidad del vehículo
<i>VRP</i> con ventanas de tiempo	<i>VRPTW</i>	Las entregas a los clientes se realizan dentro de un período de tiempo fijado. Se pueden considerar ventanas de tiempo duras en las que no es posible realizar la entrega al cliente fuera de los periodos establecidos (<i>VRPHTW</i>), mientras que en las ventanas de tiempo suaves se permite la entrega fuera de estos periodos pero con una penalización (<i>VRPSTW</i>)
<i>VRP</i> de entrega dividida	<i>SDVRP</i>	Es una simplificación de <i>CVRP</i> en la que las entregas a los clientes se pueden realizar con diferentes vehículos, debido a que los pedidos se dividen

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Algunas de las expresiones utilizadas en la investigación

Determinación del número óptimo de expertos

$$n = \frac{p * (1 - p) * k}{i^2} \quad (2.1.)$$

Donde:

i- Nivel de precisión deseado

p- Proporción estimada de errores de los expertos

k- Constante asociada al nivel de confianza elegido

Luego se realiza un proceso de selección de los expertos. La calidad de los expertos influye decisivamente en la exactitud y fiabilidad de los resultados y en ello interviene la calificación técnica, los conocimientos específicos sobre el objeto a evaluar y la posibilidad de decisión entre otros. El índice o coeficiente de competencias propuesto por Hurtado de Medoza [2003], servirá de guía en la selección definitiva de los expertos.

Para valorar la concordancia de los expertos, se emplea el coeficiente de concordancia de Kendall y todo lo que ello conlleva y aparece ampliamente abordado en la literatura y *softwares* [Siegel, (1972), Ferrer et al. (1998), etc. y distintas versiones del SPSS].

Coeficiente de competencias

Para mayor información véase anexo 10 tomado de Hurtado de Mendoza [2003].

Homogenización de la matriz de decisión

Para criterios en que se invierte el sentido de optimalidad

$$NC_{l,r} = \frac{1}{E_{l,r}} \quad \forall \text{ valor de } l \quad (2.2.)$$

Donde:

$E_{l,r}$: Evaluación de la alternativa $l = \overline{1, m}$ según el criterio $r = \overline{1, c}$

$NC_{l,r}$: Valor homogenizado de la alternativa $l = \overline{1, m}$ según el criterio $r = \overline{1, c}$

En caso de criterios que mantengan su sentido de optimalidad procede que $N_{l,r} = E_{l,r}$

Normalización de la matriz

$$V_{l,r} = \frac{NC_{l,r}}{\sum_{l=1}^m NC_{l,r}} \quad (2.3.)$$

Donde:

$V_{l,r}$: Valor normalizado

El método de la entropía para la determinación del peso objetivo (W_r^o)

1. Se parte primeramente de las evaluaciones $N_{i,r}$ ya normalizadas a $V_{i,r}$.
2. Se calcula la entropía (E_r) de cada criterio: $E_r = -k * \sum V_{i,r} * \log V_{i,r}$, donde k es una constante que se ajusta para que siempre sea $0 \leq E_r \leq 1$, para todo r . Con $k = 1 / (\log m)$ se consigue lo anterior.
3. La entropía E_r de un criterio es tanto mayor cuanto más iguales son sus evaluaciones V_r . Precisamente lo contrario de lo que se desea que ocurra si E_r fuese a ser un valor aproximado del peso del criterio. Se utiliza por tanto una medida opuesta que se puede denominar como la diversidad D del criterio: $D_r = 1 - E_r$.
4. Finalmente normalizando a suma uno, las diversidades D_r se obtienen los pesos buscados:

$$W_r^o = \frac{D_r}{\sum_{r=1}^c D_r} \quad (2.4.)$$

Donde: W_r^o : Peso objetivo del criterio r obtenido utilizando el Método de la Entropía.

Como el Método de la Entropía es un método objetivo, que solo tiene en cuenta los valores de $V_{i,r}$, obvia las preferencias que el decisor tiene de un criterio respecto a otro. Por eso se propone en esta investigación, muy a tono y previa consulta de Marrero Delgado [2001], realizar un ajuste del peso W_r^o a partir de los pesos establecidos por los expertos. Para ello se utiliza la expresión siguiente:

$$W_r = \frac{W_r^o * W_r^s}{\sum_{r=1}^c (W_r^o * W_r^s)} \quad (2.5.)$$

Donde:

W_r^s : Peso concedido por los expertos al criterio r , calculado utilizando la expresión 2.7 o el método de tasación simple.

W_r : Peso definitivo del criterio r .

Modelo grupal para la determinación del peso subjetivo W_r^s

$$W_{z,r} = \frac{P_{z,r}}{\sum_{r=1}^c P_{z,r}} \quad (2.6.)$$



$$W_r^s = \frac{\sum_{z=1}^n W_{z,r}}{\sum_{r=1}^c \sum_{z=1}^n W_{z,r}} \quad (2.7.)$$

Donde:

n: número de jueces o decisores

c: número de criterios

$P_{z,r}$: votación para el criterio r emitida por el juez z

$W_{z,r}$: peso subjetivo del criterio r emitido por el juez z

Los valores de todos los pesos deben cumplir con las condiciones siguientes:

$$0 \leq W_r \leq 1 \quad y \quad \sum_{r=1}^c W_r = 1$$

Es interés del autor hacer énfasis en que siempre que se trabaje con expertos ha de ser aplicada una prueba estadística no paramétrica para probar la existencia de comunidad de preferencia.

Método de tasación simple para la asignación de pesos subjetivos

Se caracteriza porque el decisor da una valoración de cada peso en una cierta escala de medida (de 0 a 5, de 0 a 100, etc.). Es decir el decisor asigna los valores iniciales a los criterios en dependencia de la escala escogida, posteriormente se normalizan los pesos W_j de forma que sumen la unidad por el método de ponderación lineal.

Método de Füller modificado para la asignación de pesos subjetivos

La modificación del método original, radica en la consideración de la igualdad en la importancia entre criterios. Para ello se considera que un criterio respecto a otro puede ser menos importante (0), igual de importante (1) o más importante (2). Su procedimiento de cálculo aparece programado en el *software* concebido para estos fines y la determinación de la consistencia en la investigación y alguna de sus interfaces puede ser vista en el anexo 6.

Método multicriterio a utilizar (Producto ponderado)

$$VP_l = \prod_{r=1}^c NC_{l,r}^{W_r} \quad (2.8.)$$

Donde $W_r = \frac{1}{c}$

Fuente: Recopilación de distintas fuentes citadas en la descripción del procedimiento de diagnóstico.



Anexo 5: Indicadores de desempeño clave (KPI) clasificados en dimensiones para la determinación del IINDD/A

COSTOS EN LA DISTRIBUCIÓN	
1. Costo por unidad distribuida	Costo total de distribución / Número de unidades distribuidas
2. Costo por km	Costo total de distribución / km totales recorridos.
3. Costo de combustible	Consumo de combustible * Precio del combustible
4. Costo de lubricante	Consumo de lubricante * Precio del lubricante
5. Costo de Salario	Trabajadores implicados en la distribución * Salario
6. Costo de Mantenimiento	Costo de personal+Costo materiales+Costo de tercerización +Costo de depreciación de los equipos+Costo de estadía
TIEMPO EN LA DISTRIBUCIÓN	
7. Índice de entregas en tiempo	Número de entregas en tiempo / Número total de entregas
8. Índice de tiempo perdido en la distribución	Tiempo perdido en la distribución / tiempo concebido para la distribución
FIABILIDAD EN LA DISTRIBUCIÓN	
9. Rendimiento de la distribución producto a envíos sin quejas respecto a la calidad.	Número total de envíos sin quejas de mala calidad por problemas en la distribución / Número total de horas trabajadas
10. Índice de Envíos urgentes	Número de envíos urgentes / Número total de envíos
11. Índice de bonificaciones - ventas o unidades distribuidas	Bonificaciones producto de problemas en la distribución / Ventas
ATENCIÓN A RECLAMACIONES EN LA DISTRIBUCIÓN	
12. Clientes satisfechos por la respuesta a la reclamación asociada a la distribución	Puntos o envíos satisfechos respecto a la reclamación/ reclamaciones asociadas a la distribución
UTILIZACIÓN DE LAS CAPACIDADES EN LA DISTRIBUCIÓN	



13. Utilización del transporte en la distribución	km. totales recorridos con carga / km recorridos totales. Este valor sólo se utiliza en caso de disponer de flota propia
14. Utilización de las capacidades de los medios en la distribución	Suma y promedio de los valores de las capacidad utilizadas de los medios / capacidades de los medios. Sólo si los medios son de igual capacidad.
15. Utilización del tiempo concebido para la distribución	Tiempo real de la distribución / Fondo de tiempo
16. Utilización de la capacidad volumétrica de los medios	Suma y promedio de los valores de volumen utilizados de los medios / capacidades volumétricas de los medios. Sólo si los medios son de igual capacidad.

Fuente: Elaboración propia y modificaciones a partir de PILOT [2007] & Garza Ríos [2001].

Expresiones para la determinación del Indicador Integral del Nivel de Desempeño

de la Distribución

$$IINDD = \frac{SPC}{CM} \quad (3.1)$$

$$SPC = \sum_r W_r * C_r \quad r = 1(\wedge)c \quad (3.2)$$

$$CM = \sum_r W_r \quad r = 1(\wedge)c \quad (3.3)$$

$$\text{pero } \sum_r W_r = 1 \quad r = 1(\wedge)c, \text{ por lo tanto: } CM = 1 \quad (3.4)$$

$$C_r = \sum_k W_{rk} * \left(\frac{E_{rk - práctico}}{E_{rk - teórico}} \right) \quad r = 1(\wedge)c \text{ y } k = 1(\wedge)p \quad (3.5)$$

Donde:

IINDD/a – Indicador Integral del Nivel de Desempeño de la Distribución y/o Aprovisionamiento

SPC – Suma ponderada de la calificación de las dimensiones

CM – Calificación máxima de las dimensiones



W_r – Peso relativo de la dimensión r. Todos los pesos se calculan según las herramientas propuestas en el capítulo 2 de la presente investigación

W_{rk} – Peso relativo del indicador k correspondiente a la dimensión r

C_r – Calificación de la dimensión r

$E_{rk\text{-práctico}}$ – Evaluación real del indicador k correspondiente a la dimensión r

$E_{rk\text{-teórico}}$ – Evaluación teórica (plan) del indicador k correspondiente a la dimensión r

n – Cantidad de criterios a utilizar en la evaluación

m_j – Cantidad de factores correspondientes al criterio j

Anexo 6: Interfaces del software usado para la determinación de la consistencia y base para el cálculo de pesos según Füller modificado.

Dimensión de costos

Número de indicadores

Iniciar Configurar Completar Inconsistencia

Atributos	Cud	Ckm	C c
Cl	1	0	0
Cmito	2	2	0
Cs	0	0	0

Triadas	Incos Tri
3-5-6	0
4-5-6	0
Consistencia	1

Juicios de los expertos sobre la importancia de las dimensiones

Número de indicadores

Iniciar Configurar Completar Inconsistencia

Atributos	C	T	F
C	1	2	1
T	0	1	1
F	1	1	1
Ar	0	0	1

Triadas	Incos Tri
2-4-5	0
3-4-5	0
Consistencia	0.9

Fuente: Elaborado en software utilizado en la investigación

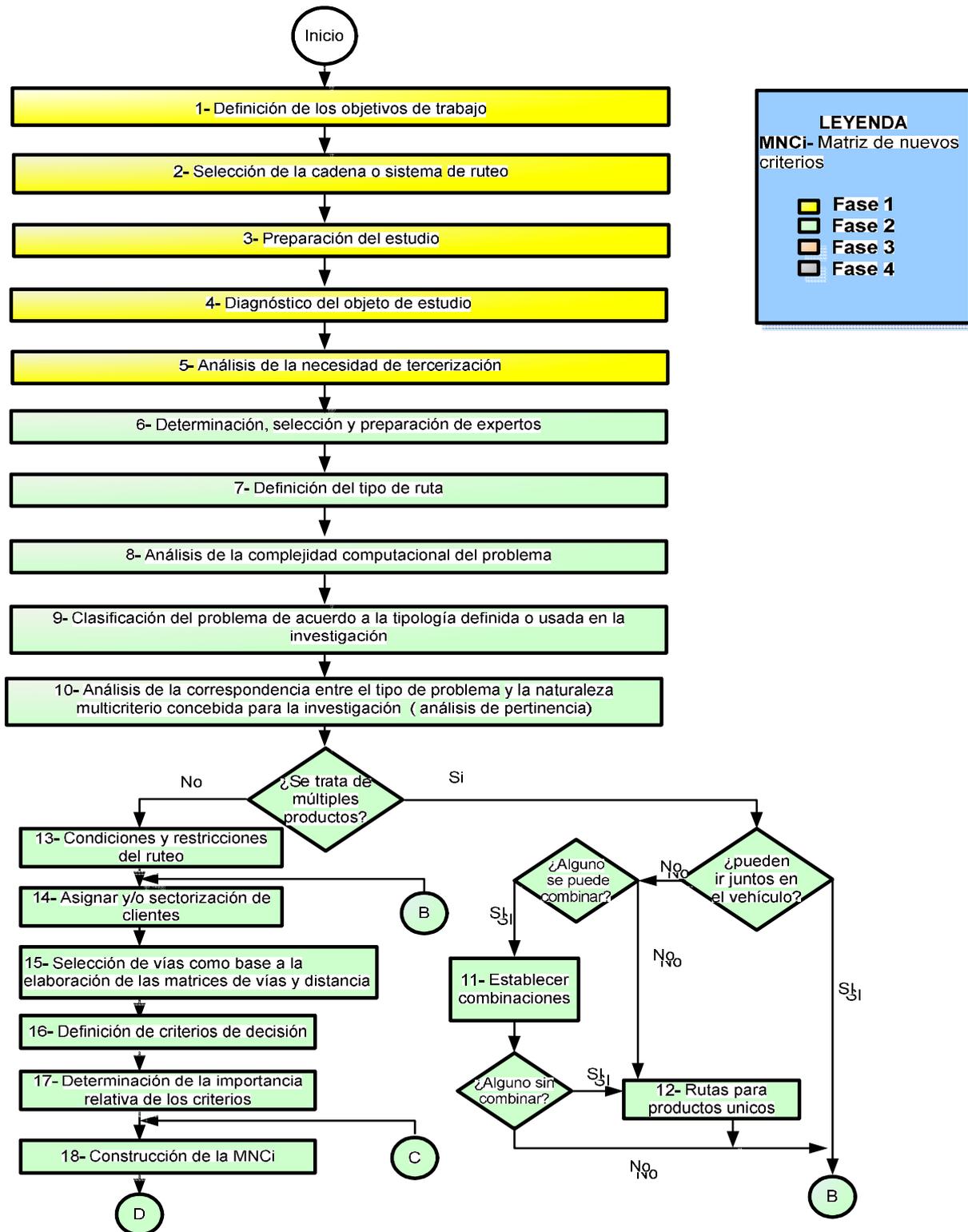


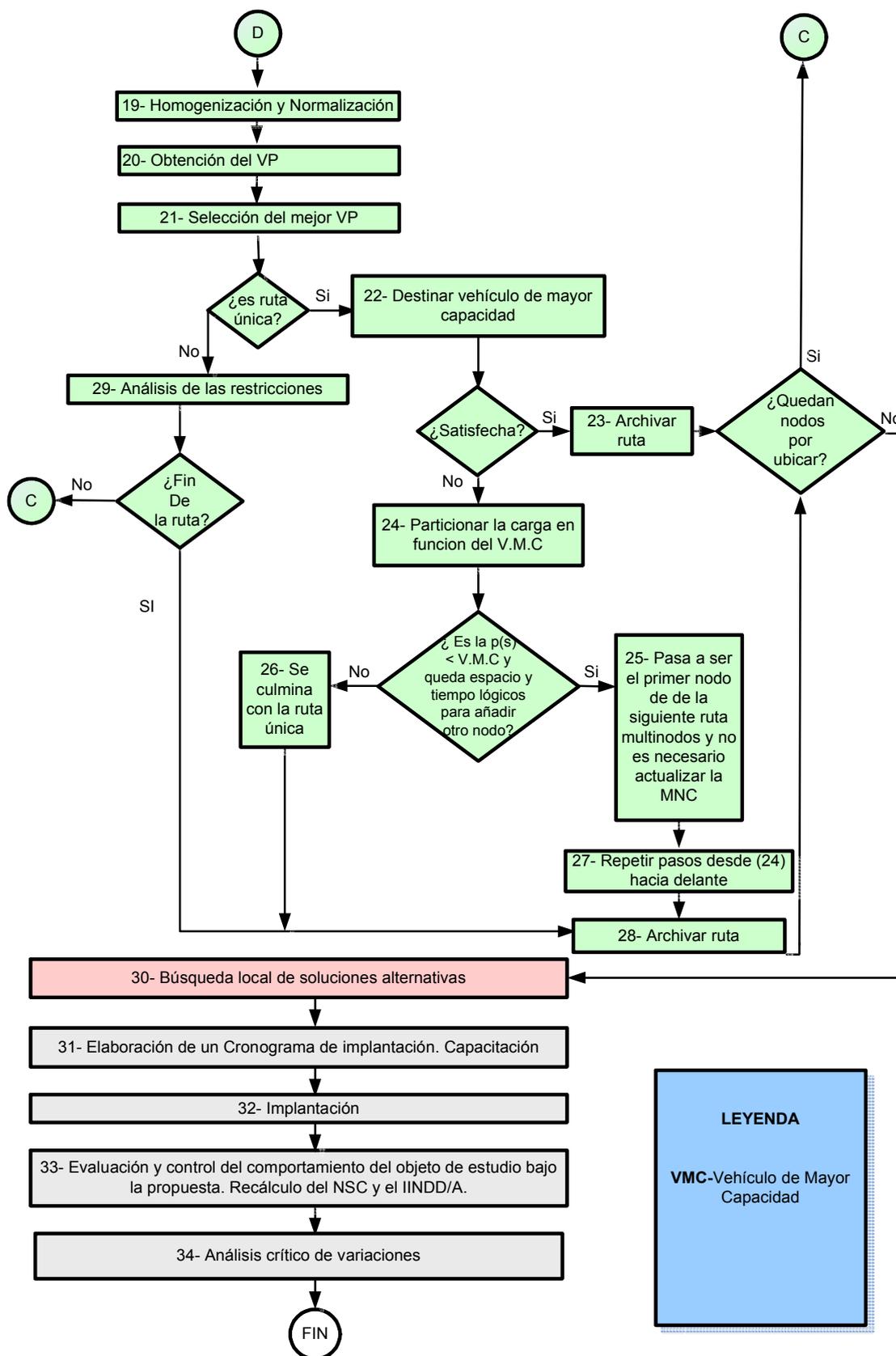
Anexo 7: Operadores vecindarios

De una ruta	Multi-ruta
Relocalizar: Traslada un cliente a otra posición de la ruta	Relocalizar: Traslada un cliente a otra ruta
Intercambiar: Permuta dos clientes cualesquiera de la ruta	Intercambiar: Intercambia dos clientes entre dos rutas
Invertir: Invierte una cadena de clientes de longitud ($n \leq 4$)	Intercambiar colas: Intercambia las colas de dos rutas
Trasladar: Traslada una cadena de clientes de longitud ($n \leq 3$) a otra posición de la ruta	Operador general: Intercambia dos cadenas de clientes de longitud ($n \leq 4$) entre dos rutas.
Operador general: Intercambia dos cadenas de clientes de longitud ($n \leq 3$) sin invertirlas	

Fuente: Elaboracion propia

Anexo 7: Procedimiento general para el diseño, implantación y control de rutas





LEYENDA

VMC-Vehículo de Mayor Capacidad



Anexo 9: Pasos para determinar los expertos y el Coeficiente de competencia. Fuente: Hurtado de Mendoza (2003)

¿A quiénes considerar expertos?. Pasos a seguir:

1. Confeccionar una lista inicial de personas posibles de cumplir los requisitos para ser expertos en la materia a trabajar.
2. Realizar una valoración sobre el nivel de experiencia, evaluando de esta forma los niveles de conocimientos que poseen sobre la materia. Para ello se realiza una primera pregunta para una autoevaluación de los niveles de información y argumentación que tienen sobre el tema en cuestión.

En esta pregunta se les pide que marquen con una X, en una escala creciente del 1 al 10, el valor que se corresponde con el grado de conocimiento o información que tienen sobre el tema a estudiar.

Expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										

3. A partir de aquí se calcula el **Coeficiente de Conocimiento o Información (Kc)**, a través de la ecuación 1.

$$K_{cj} = n(0,1) \quad [1]$$

donde: K_{cj}: Coeficiente de Conocimiento o Información del experto "j"

n: Rango seleccionado por el experto "j"

4. Se realiza una segunda pregunta que permite valorar un grupo de aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación del tema a estudiar (marcar con una X).

Fuentes de argumentación o fundamentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted			
Su experiencia obtenida			
Trabajos de autores nacionales			
Trabajos de autores extranjeros			
Su conocimiento del estado del problema en el extranjero			

5. Aquí se determinan los aspectos de mayor influencia. Las casillas marcadas por cada experto en la tabla se llevan a los valores de una tabla patrón:



Fuentes de argumentación o fundamentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted	0.3	0.2	0.1
Su experiencia obtenida	0.5	0.4	0.2
Trabajos de autores nacionales	0.05	0.05	0.05
Trabajos de autores extranjeros	0.05	0.05	0.05
Su conocimiento del estado del problema en el extranjero	0.05	0.05	0.05
Su intuición	0.05	0.05	0.05

6. Los aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación del tema a estudiar permiten calcular el **Coefficiente de Argumentación** (K_a) de cada experto, ecuación 2.

$$K_a = \sum_{i=1}^6 n_i \quad [2]$$

donde: K_a : Coeficiente de Argumentación

n_i : Valor correspondiente a la fuente de argumentación "i" (1 hasta 6)

7. Una vez obtenido los valores del **Coefficiente de Conocimiento** (K_c) y el **Coefficiente de Argumentación** (K_a) se procede a obtener el valor del **Coefficiente de Competencia** (K) que finalmente es el coeficiente que determina en realidad que experto se toma en consideración para trabajar en esta investigación. Este coeficiente (K) se calcula según la ecuación 3.

$$K = 0,5 (K_c + K_a) \quad [3]$$

donde: K : Coeficiente de Competencia

K_c : Coeficiente de Conocimiento

K_a : Coeficiente de Argumentación

8. Posteriormente obtenido los resultados se valoran en la siguiente escala:

$0,8 < K < 1,0$ Coeficiente de Competencia Alto

$0,5 < K < 0,8$ Coeficiente de Competencia Medio

$K < 0,5$ Coeficiente de Competencia Bajo

9. El investigador debe utilizar para su consulta a expertos de competencia alta, nunca se utilizará expertos de competencia baja.



Anexo 10 Coeficiente de competencia

1. Cálculo del Coeficiente de competencia de los expertos que conforman el equipo de trabajo para la aplicación del Procedimiento específico de diagnóstico

Paso 1: Lista de personas posibles

- 1- Especialista del Dpto. de distribución comercial. Combinado lácteo “La Villareña”
- 2- Jefe de turno del área de producción. Combinado lácteo “La Villareña”
- 3- Tecnóloga de producción. Combinado lácteo “La Villareña”
- 4- Jefa del Dpto. de calidad. Combinado lácteo “La Villareña”
- 5- Jefe del Dpto. de transporte. Combinado lácteo “La Villareña”
- 6- Director del combinado lácteo. Combinado lácteo “La Villareña”
- 7- Jefa del Dpto. de recursos humanos. Combinado lácteo “La Villareña”
- 8- Especialista del Dpto. de Control de GPS. Combinado lácteo “La Villareña”
- 9- Jefa del Dpto. de Control de GPS. Combinado lácteo “La Villareña”
- 10- Chofer de vehículo de distribución. Combinado lácteo “La Villareña”

**Paso 2: Valoración sobre el nivel de experiencia.****Tabla de valoración sobre del nivel de experiencia**

Expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Especialista del Dpto. de distribución comercial									X	
2 Jefe de turno del área de producción								X		
3- Tecnóloga de producción								X		
4- Jefa del Dpto. de calidad								X		
5- Jefe del Dpto. de transporte						X				
6- Director del combinado lácteo									X	
7- Jefa del Dpto. de recursos Humanos					X					
8- Especialista del Dpto. de Control de GPS								X		
9- Jefa del Dpto. de Control de GPS								X		
10- Chofer de vehículo de distribución.								X		

Fuente: Elaboración propia

Paso 3: Cálculo del Coeficiente de Conocimiento o Información (Kc.)

$$Kc_1 = 9*(0.1) = 0.9 \quad Kc_4 = 8*(0.1) = 0.8 \quad Kc_7 = 5*(0.1) = 0.5$$

$$Kc_2 = 8*(0.1) = 0.8 \quad Kc_5 = 6*(0.1) = 0.6 \quad Kc_8 = 8*(0.1) = 0.8$$

$$Kc_3 = 8*(0.1) = 0.8 \quad Kc_6 = 9*(0.1) = 0.9 \quad Kc_9 = 8*(0.1) = 0.8$$

$$Kc_{10} = 8*(0.1) = 0.8$$



Paso 4: Nivel de Argumentación o Fundamentación (Clasificación en Alto, Medio o Bajo)

Tabla de clasificación del Nivel de Argumentación o Fundamentación

Fuentes de argumentación o fundamentación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Análisis teóricos realizados por usted	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Medio	Alto
Su experiencia obtenida	Alta	Medio	Medio	Medio	Medio	Alta	Medio	Medio	Medio	Medio
Trabajos de autores nacionales	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Medio	Alto
Trabajos de autores extranjeros	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Medio
Su conocimiento del estado del problema en el extranjero	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Medio
Su intuición	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Medio	Medio

Fuente: Elaboración propia

Paso 5- Determinación de los aspectos de mayor influencia

Fuentes de argumentación o fundamentación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Análisis teóricos realizados por usted	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.3	0.2	0.3
Su experiencia obtenida	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
Trabajos de autores nacionales	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Trabajos de autores extranjeros	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Su conocimiento del estado del problema en el extranjero	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Su intuición	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
total	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.9	0.7	0.9	0.8	0.9

Paso 6: Determinación del Nivel de Argumentación o Fundamentación (Ka)

$K_{a1} = 0.9$

$K_{a5} = 0.7$

$K_{a9} = 0.8$

$K_{a2} = 0.8$

$K_{a6} = 0.9$

$K_{a10} = 0.9$

$K_{a3} = 0.8$

$K_{a7} = 0.7$

$K_{a4} = 0.8$

$K_{a8} = 0.9$



Paso 7: Determinación del Coeficiente de Competencia (K)

$K_1 = 0.9$	$K_6 = 0.9$
$K_2 = 0.8$	$K_7 = 0.6$
$K_3 = 0.8$	$K_8 = 0.85$
$K_4 = 0.8$	$K_9 = 0.8$
$K_5 = 0.65$	$K_{10} = 0.85$

Tabla de Coeficiente de competencia (K)

Expertos	Coeficiente de competencia(K)
1	0.9
2	0.8
3	0.8
4	0.8
5	0.65
6	0.9
7	0.6
8	0.85
9	0.8
10	0.85

Los expertos 5 y 7 no cumplen con los valores de k establecidos

(entre 0.8 y 1.0), por lo que no se considera consistente su juicio y no se toman en cuenta, tomándose así los otros 8 para la realización del diagnóstico debido a que su coeficiente de competencia es alto.



2. Cálculo del Coeficiente de competencia de los expertos que conforman el equipo de trabajo determinación del NSC

Paso 1: Lista de expertos

1. Administrador de la Unidad La Cabaña.
2. Administrador de la Unidad Textilera
3. Administrador de la Unidad El Triunfo
4. Administrador de la Unidad 12 Plantas
5. Administradora de la Unidad El Calamar
6. Administradora de la Unidad La Vigia
7. Administrador da la Unidad La Esperanza
8. Administrador de la Unidad 1ro de Marzo
9. Administradora de la Unidad La Especial

**Paso 2: Valoración sobre el nivel de experiencia.**

Tabla de valoración sobre del nivel de experiencia

Expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1- Administrador de la Unidad La Cabaña.									X	
2- Administrador de la Unidad Textilera								X		
3- Administrador de la Unidad El Triunfo								X		
4- Administrador de la Unidad 12 Plantas								X		
5- Administradora de la Unidad El Calamar								X		
6- Administradora de la Unidad La Vigia									X	
7- Administrador da la Unidad La Esperanza								X		
8- Administrador de la Unidad 1ro de Marzo								X		
9- Administradora de la Unidad La Especial						X				
10-Administrador de la Unidad La Cabaña.					X					

Paso 3: Cálculo del Coeficiente de Conocimiento o Información (Kc.)

$$Kc_1 = 9*(0.1) = 0.9 \quad Kc_4 = 8*(0.1) = 0.8 \quad Kc_7 = 5*(0.1) = 0.8$$

$$Kc_2 = 8*(0.1) = 0.8 \quad Kc_5 = 6*(0.1) = 0.8 \quad Kc_8 = 8*(0.1) = 0.8$$

$$Kc_3 = 8*(0.1) = 0.8 \quad Kc_6 = 9*(0.1) = 0.9 \quad Kc_9 = 8*(0.1) = 0.6$$

$$Kc_{10} = 8*(0.1) = 0.5$$



Paso 4: Nivel de Argumentación o Fundamentación (Clasificación en Alto, Medio o Bajo) Tabla de clasificación del Nivel de Argumentación o Fundamentación

Fuentes de argumentación o fundamentación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Análisis teóricos realizados por usted	Medio	Bajo	Bajo	Bajo						
Su experiencia obtenida	Alta	Medio	Medio	Medio	Medio	Alta	Medio	Medio	Medio	Medio
Trabajos de autores nacionales	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Bajo	Bajo
Trabajos de autores extranjeros	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Su conocimiento del estado del problema en el extranjero	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Su intuición	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Medio	Medio

Paso 5- Determinación de los aspectos de mayor influencia

Fuentes de argumentación o fundamentación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Análisis teóricos realizados por usted	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.1	0.1
Su experiencia obtenida	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
Trabajos de autores nacionales	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Trabajos de autores extranjeros	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Su conocimiento del estado del problema en el extranjero	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Su intuición	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
total	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	0.7	0.7

Paso 6: Determinación del Nivel de Argumentación o Fundamentación (Ka)

Ka₁ = 0.9

Ka₅ = 0.8

Ka₉ = 0.7

Ka₂ = 0.8

Ka₆ = 0.9

Ka₁₀ = 0.7

Ka₃ = 0.8

Ka₇ = 0.8

Ka₄ = 0.8

Ka₈ = 0.9



Paso 7: Determinación del Coeficiente de Competencia (K)

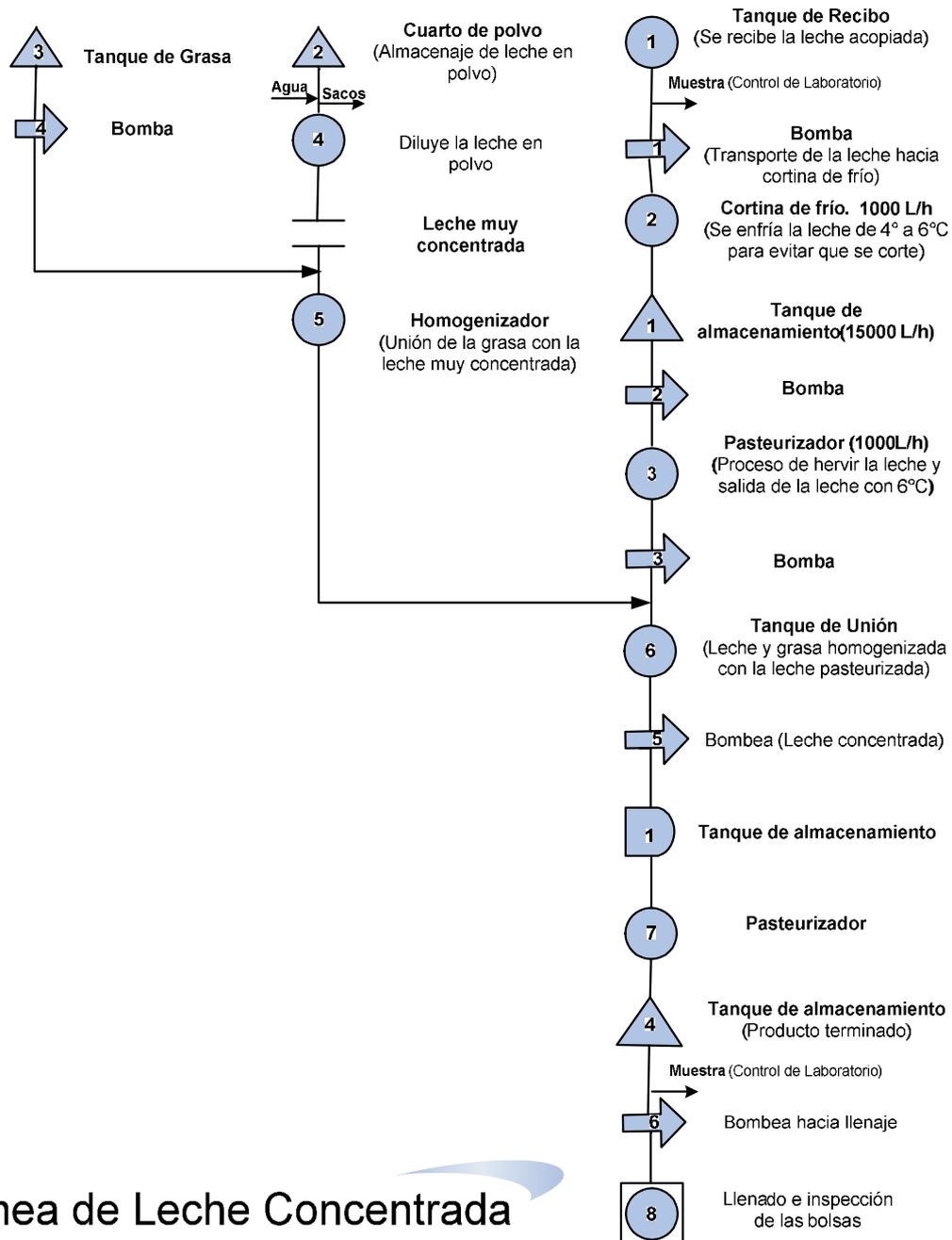
$K_1 = 0.9$	$K_6 = 0.9$
$K_2 = 0.8$	$K_7 = 0.8$
$K_3 = 0.8$	$K_8 = 0.85$
$K_4 = 0.8$	$K_9 = 0.65$
$K_5 = 0.8$	$K_{10} = 0.6$

Tabla de Coeficiente de competencia (K)

Expertos	Coeficiente de competencia(K)
1	0.9
2	0.8
3	0.8
4	0.8
5	0.8
6	0.9
7	0.8
8	0.85
9	0.65
10	0.6

Los expertos 9 y 10 no cumplen con los requisitos establecidos de K (0.8 – 1.0); por lo que no se considera consistente su juicio y no se toman en cuenta

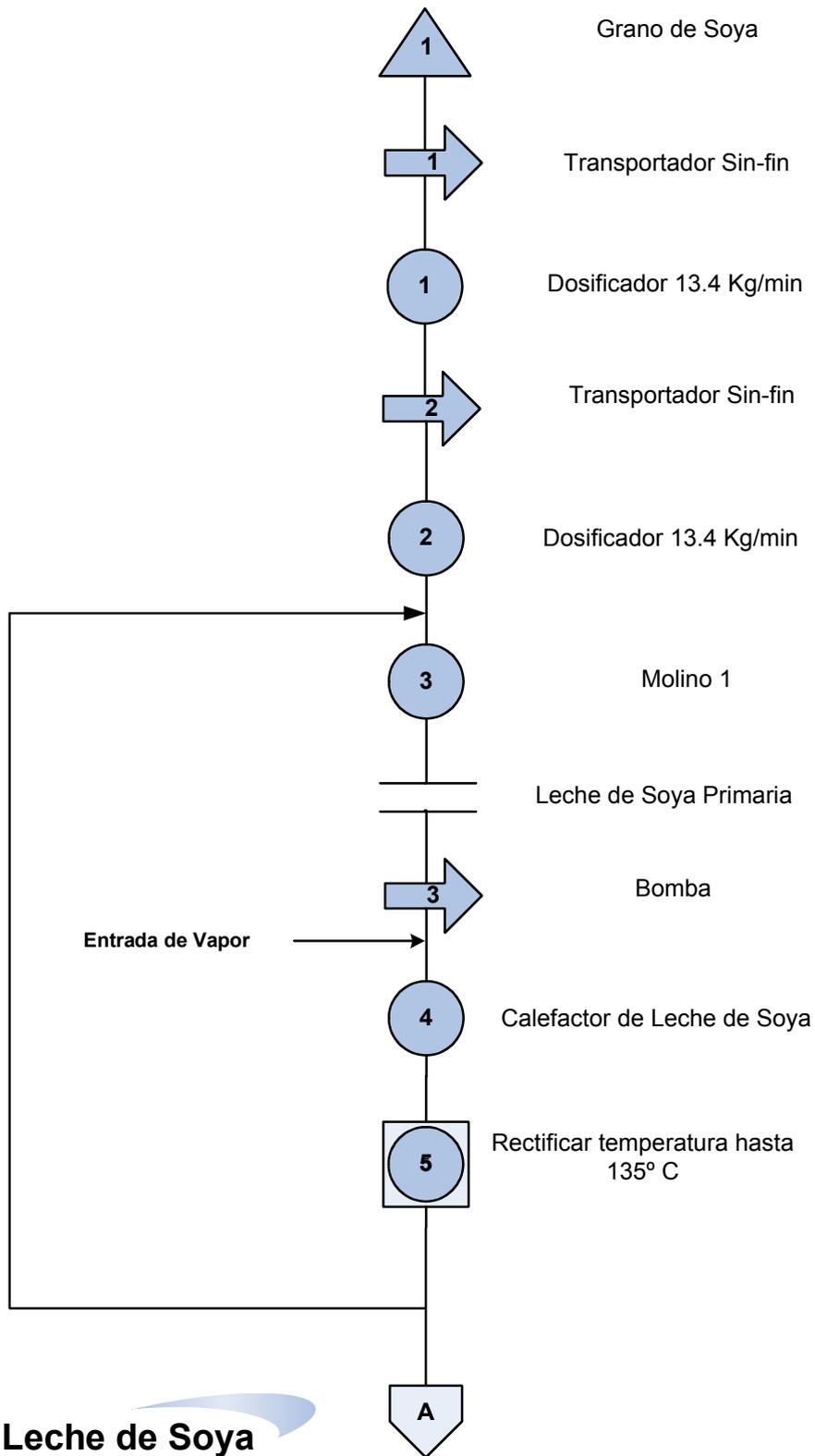
Anexo 11: OTIDA



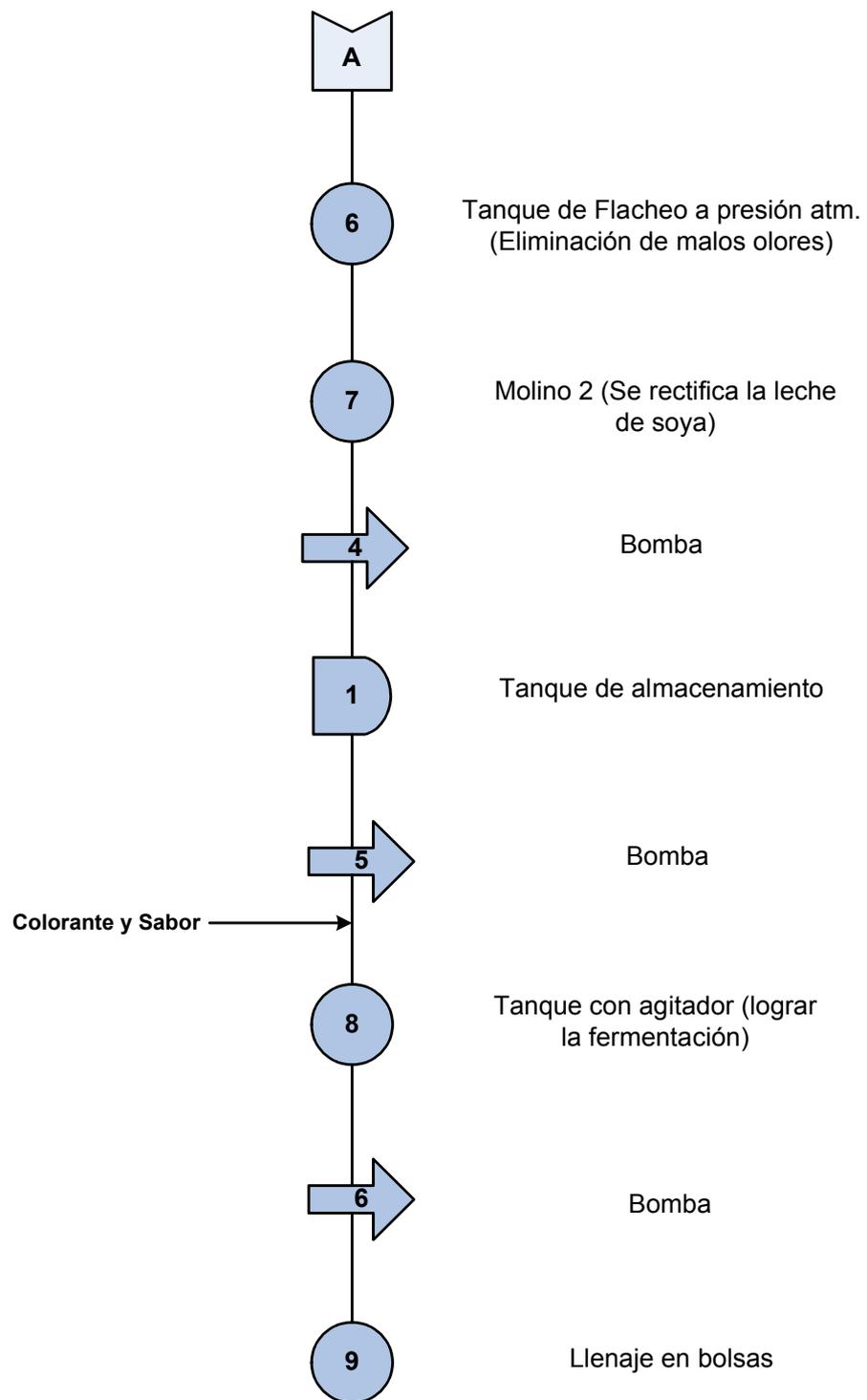
Línea de Leche Concentrada

Fuente: Elaboración propia según datos del diagnóstico.

Anexo 12: OTIDA

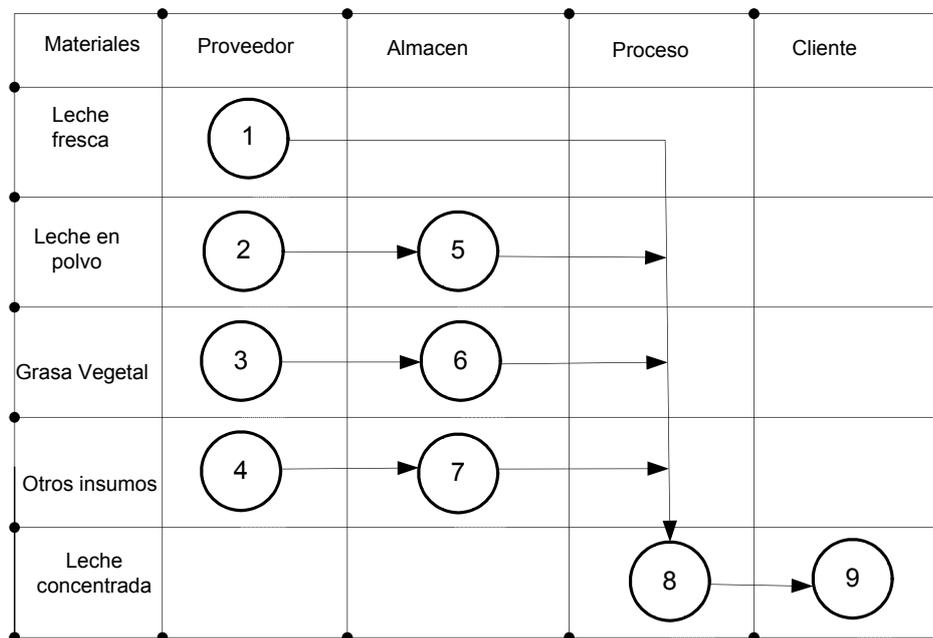


Línea de Leche de Soya



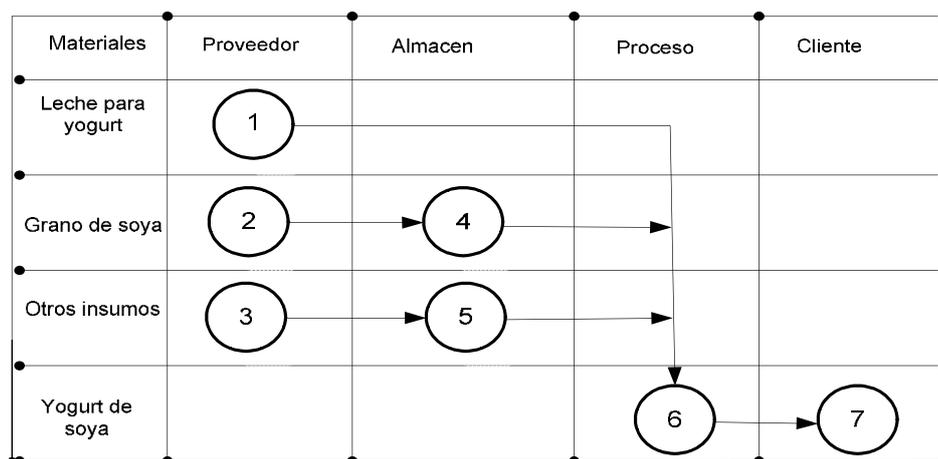
Continuación

Anexo 13 Flujos MGO



Flujo de materiales leche concentrada (Fuente: Elaboración propia)

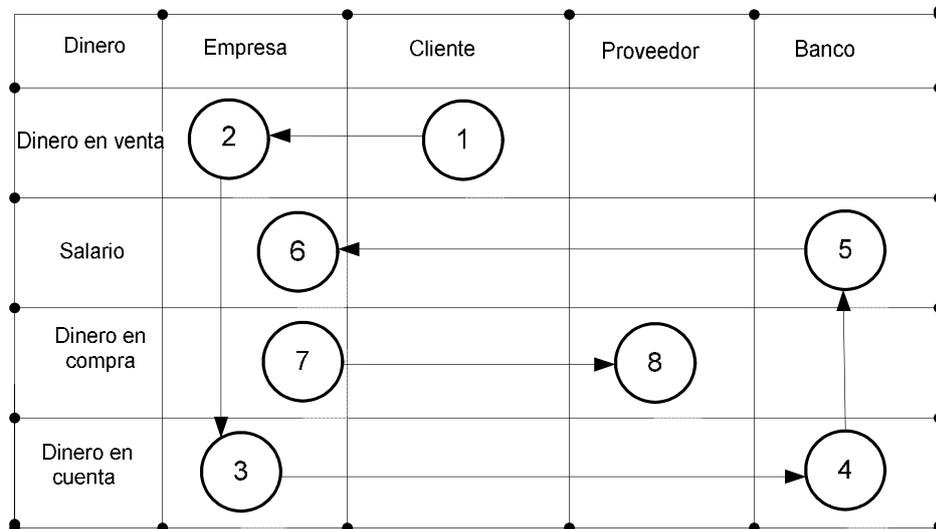
El pedido de una parte de la materia prima (leche en polvo, grasa vegetal y otros insumos) se hace de manera programada a la Unión Láctea la cual provee a la empresa de estos materiales. La leche fresca es acopiada de las vaquerías y de agricultores independientes. El flujo hacia el proceso se realiza por pedidos. Al finalizar el proceso el producto terminado es llevado hasta el cliente



Flujo de materiales yogurt de soya(Fuente: Elaboración propia)

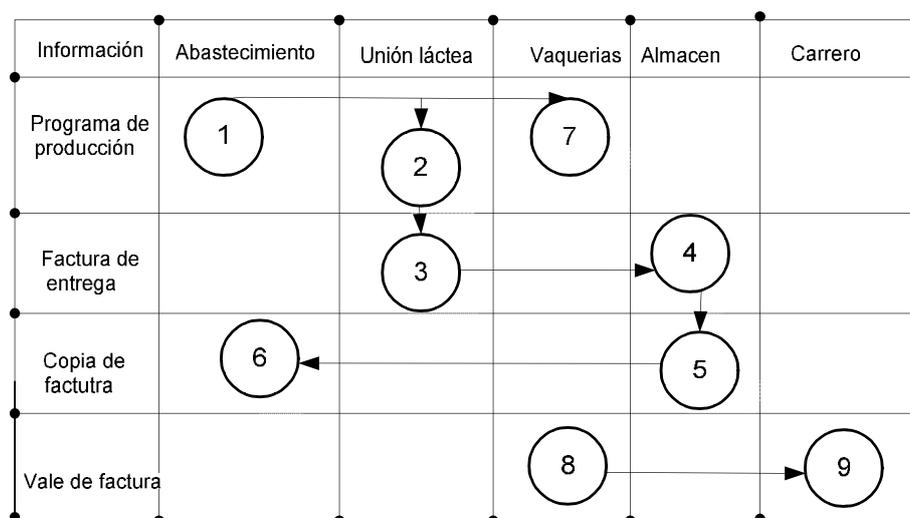
El pedido de parte de la materia prima (grano de soya y otros insumos) se hace de manera programada a la Unión Láctea la cual provee a la empresa de estos materiales. La leche para yogurt pertenece a la leche que es acopiada normalmente todos los días,

solo que esta leche no posee las mismas características que la que se utiliza en la producción de leche concentrada. El flujo hacia el proceso se realiza por pedidos. Al finalizar el proceso el producto terminado es llevado hasta el cliente.



Flujo Financiero (Fuente: Elaboración propia)

El flujo de caja de la empresa opera a través de cheques. El salario se paga a través de nóminas, según las regulaciones cubanas existentes. La compra de algunas materias primas se realiza directamente a la Unión Láctea a través de cheques y de igual manera se realiza el pago de la leche fresca a los proveedores de esta. Otros productos son subsidiados por la Unión Láctea y el dinero de las ventas llega a la empresa a través de cheques emitidos por las entidades distribuidoras de la canasta básica que son las encargadas de cobrar el dinero de la venta de este producto



Flujo de información (Fuente: Elaboración propia)



En la empresa, el Departamento de Abastecimiento realiza el Programa de Producción en dependencia de las necesidades de materia prima que se requiera. Este programa es entregado a la Unión Láctea Nacional y a las vaquerías. La Unión Láctea envía la materia prima junto a una factura hacia el almacén de la empresa y este a su vez le entrega una copia de la factura al Dpto. de Abastecimiento para controlar la entrada de mercancías en la empresa y las vaquerías envían junto con la leche fresca un vale de acopio con el nombre de la vaquería, cantidad de litros y el peso específico de la leche y lo mismo para el caso de los agricultores independientes.

Anexo 14: Matriz de rangos

N°	Expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	ΣAij
	Elementos									
1	Ciclo de pedidos de entrega	5	5	5	4	5	3	5	5	37
2	Fiabilidad	4	5	4	5	5	5	4	4	36
3	Disponibilidad	4	4	3	3	4	4	3	4	29
4	Atención a reclamaciones	2	3	2	2	3	3	3	2	20
5	Información sobre pedidos	3	2	2	3	2	3	2	2	19

Fuente: Elaboración propia.

Con el mismo resultado de la evaluación de los expertos se puede determinar si es o no confiable el mismo; para ello se utiliza el coeficiente de concordancia de Kendall:

$$W = \frac{12 \sum \Delta^2}{M^2 (K^3 - K)}$$

Donde:

M=Número de expertos

K=Número de propiedades o índice a evaluar

Δ=Desviación del valor medio de los juicios emitidos

W debe estar entre (1...0), hay autores que plantean que:

(1.00--0.5) es confiable,

(0.49--0.0) no es confiable.

Sustituyendo los resultados anteriormente obtenidos, se obtiene:

$$W = \frac{12(544)}{8^2(120)} = 0.85$$

Para validarlo estadísticamente:

Planteamiento de Hipótesis:

Ho: No hay concordancia entre las opiniones emitidas por los expertos.



H1: Hay concordancia entre las opiniones emitidas por los expertos.

Cumplimiento de la Región Crítica:

Región Crítica: Si $S_{\text{calculado}} \geq S_{\text{TAB}}$, la hipótesis nula se rechaza

$S_{\text{tabulado}} (182.7) < S_{\text{calculado}} (544)$

Se rechaza la Hipótesis Nula; por lo tanto hay concordancia en las opiniones emitidas por los expertos.

Anexo 15: Definición del promedio de los valores óptimos de cada elemento tratados para evaluar el NSC

Expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	Promedio
Criterios									
Ciclo Pedido-Entrega (h)	175	169	170	168	172	168	169	169	170 h
Fiabilidad (%)	96	96	95	96	93	95	92	97	95 %
Disponibilidad (%)	96	95	98	95	97	95	95	97	96 %
Atención a reclamaciones (%)	90	96	94	95	94	94	93	96	94 %
Inform. Sobre el pedido (h)	1	2	4	1	3	1	1	3	2h

Fuente: Elaboración propia

Anexo 16: Cálculo y Resultados de los KPI

Leche Concentrada y Yogurt de Soya

Dimensión 1. Costo en la distribución		
KPI	Valor práctico (Real)	Valor teórico (Plan)
1	$\frac{174323.23 \text{ \$/mes}}{247305 \text{ bolsas}} = 0.7049 \text{ \$/bolsa}$	0.07 \\$/bolsa
2	$\frac{174323.23 \text{ \$/mes}}{12691 \text{ km/mes}} = 13.7359 \text{ \$/km}$	8 \\$/km
3	$20 \text{ L/vehículo} * 9 \text{ vehículo/d} * 30 \text{ d/mes} * 0.70 \text{ UC/L} = 3780 \text{ CUC/mes} * 25 = 94500 \text{ \$/mes}$	90000 \\$/mes
4	$40.943 \text{ L/mes} * 2,70 \text{ CUC/L} = 110.5461 * 25 = 2763.65 \text{ \$/mes}$	2000 \\$/mes
5	$(255.00 + 15.25) \text{ \$/mes} * 9 + (240.00 + 30.5) * 9 + 250.00 + (240.00 + 30.5) * 4 + 385 + 315 = 66456.5 \text{ \$/mes}$	66456.5 \\$/mes
6	$(1.79 \text{ \$/h} * 16 \text{ h} * 4 + 1.31 \text{ \$/h} * 16 \text{ h} * 2) + (6 \text{ neumáticos} * 54.65 \text{ CUC/neumático} + 4 \text{ paq} * 20.50 \text{ CUC/paq}) * 25\$ + (199.50\$) = 10603.08 \text{ \$}$	10603.08
Dimensión 2. Tiempo en la distribución		
KPI	Valor práctico (Real)	Valor teórico (Plan)
7	$\frac{2310 \text{ env./mes}}{2520 \text{ env./mes}} = 0.916$	0.95
8	$\frac{25 \text{ h/mes}}{6 \text{ h/d} * 30 \text{ d/mes}} = 0.1388$	0.05
Dimensión 3. Fiabilidad en la distribución		
KPI	Valor práctico (Real)	Valor teórico (Plan)
9	$\frac{2396 \text{ env./mes}}{202 \text{ h-h/mes}} = 11.861 \text{ env./h-h}$	4.5 env./h-h
10	$\frac{124 \text{ env./mes}}{2520 \text{ env./mes}} = 0.0492$	0.05



11	$\frac{4110 \text{ bolsas/mes}}{247305 \text{ bolsas /mes}} = 0.0166$	0.05
Dimensión 4. Atención a reclamaciones en la distribución		
KPI	Valor práctico (Real)	Valor teórico (Plan)
12	$\frac{112 \text{ reclamaciones/mes}}{124 \text{ reclamaciones/mes}} = 0.9032$	0.95
Dimensión 5. Utilización de las capacidades de la distribución		
KPI	Valor práctico (Real)	Valor teórico (Plan)
13	$\frac{12691 \text{ km/mes}}{12691 \text{ km/mes}} = 1$	1
14	$\frac{(26177.296 + 26652.602 + 26111.904 + 24907.52 + 25432.608 + 26848.78 + 29596.224 + 2637.472 + 2969.264) \text{ kg/vehículos}}{4500 \text{ kg}} = 9 \text{ vehículos}$ $= 0.6978$	0.75
15	$\frac{202 \text{ h/mes}}{180 \text{ h/mes}} = 1,122$	0.9
16	$\frac{(6.165 + 7.245 + 7.070 + 5.850 + 7.50 + 6.370 + 6.240 + 6.120 + 5.350) \text{ m}^3/\text{vehículos}}{7.7 \text{ m}^3} = 9 \text{ vehículos}$ $= 0.8356$	0.9



Anexo 17: Datos auxiliares utilizados para el cálculo de los indicadores antes de la aplicación de las herramientas propuestas

Costo total de distribución (\$ en MN/mes)	174323.23 \$/mes
Número de unidades distribuidas (bolsas/mes)	247305
Días trabajados (d/mes)	30
Consumo total de combustible (L/mes)	2762.59
Promedio de km recorridos por Litros (km/L)	4.5
Kilómetros totales recorridos (km/mes)	12691
Precio del combustible (CUC/L)	0.70
Consumo total de lubricante (L/mes)	40.943
Precio del lubricante (CUC/L)	2,70
Precio paquete de hojas de muelles (CUC/paq)	20.50
Precio de neumáticos (CUC/unidad)	54.65
Número de vehículos	9
Salario (Chofer) (\$/mes)	270,25
Salario (Ayudante de chofer) (\$/mes)	270,50
Salario (Dependiente de almacén) (\$/mes)	250,00
Salario (Estibador) (\$/mes)	270,50
Salario (Jefe del Departamento de Distribución) (\$/mes)	385,00
Salario (Especialista en ventas) (\$/mes)	315,00
Salario (Mecánico) (\$/h)	1.79
Salario (Electricista) (\$/h)	1.31
Número de choferes	9
Número de ayudantes	9
Número de dependientes de almacén	1
Número de estibadores	4
Número de especialistas en ventas	1
Número de mecánicos de taller	4
Número de electricistas de taller	2
Número de entregas en tiempo (bolsas/mes)	2310



Número total de envíos (env/mes)	2520
Tiempo concebido para la distribución (h/d)	6
Tiempo perdido en la distribución (h/mes)	25
Número total de envíos sin quejas de mala calidad por problemas en la distribución (env/mes)	2396
Número total de horas trabajadas (h-h/mes)	1908
Número de envíos urgentes (bolsas/mes)	124
Puntos o envíos satisfechos respecto a la reclamación (reclamaciones)	112
Cantidad de bolsas retribuidas por problemas en la distribución (bolsas/mes)	4110
Reclamaciones asociadas a la distribución (reclamaciones)	124
Kilómetros totales recorridos con carga (km)	12691
Kilómetros totales recorridos (km)	6240
Capacidad utilizada del vehículo 1 (bolsas)	26821
Capacidad utilizada del vehículo 2 (bolsas)	27308
Capacidad utilizada del vehículo 3 (bolsas)	26754
Capacidad utilizada del vehículo 4 (bolsas)	25520
Capacidad utilizada del vehículo 5 (bolsas)	26058
Capacidad utilizada del vehículo 6 (bolsas)	27509
Capacidad utilizada del vehículo 7 (bolsas)	30324
Capacidad utilizada del vehículo 8 (bolsas)	27022
Capacidad utilizada del vehículo 9 (bolsas)	29989
Peso de una bolsa promedio (kg)	0,9760
Capacidad de los vehículos (t)	4,5
Tiempo real de la distribución (h/mes)	202
Capacidad volumétrica útil de los medios (m ³ /vehículo)	7.7

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del diagnóstico



Anexo 18: Resultados de la aplicación de método de ponderación del triángulo de Füller modificado, a la determinación de los pesos de los indicadores por dimensión y entre dimensiones

Costos en la distribución

Tiempo en la distribución

INDICADORES	PESOS	INDICADORES	PESOS
1. Costo por unidad distribuida	0.22	7. Índice de entregas en tiempo	0.75
2. Costo por km	0.085	8. Índice de tiempo perdido en la distribución	0.25
3. Costo de combustible	0.25		
4. Costo de lubricante	0.11	Consistencia 100%	
5. Costo de Salario	0.25		
6. Costo de Mantenimiento	0.085		
Consistencia 100%			

Atención a reclamaciones en la distribución

Fiabilidad en la distribución

INDICADORES	PESOS	INDICADORES	PESOS
9. Rendimiento de la distribución producto a envíos sin quejas respecto a la calidad.	0.444	12. Clientes satisfechos por la respuesta a la reclamación asociada a la distribución	1
10. Índice de Envíos urgentes	0.111	Consistencia 100%	
11. Índice de bonificaciones -ventas	0.444		
Consistencia 100%			

Utilización de las capacidades en la distribución

Pesos entre dimensiones

INDICADORES	PESOS		DIMENSIONES	PESOS
13. Utilización del transporte en la distribución	0.2727		Costos en la distribución	0.3333
14. Utilización de las capacidades de los medios en la distribución	0.1818		Tiempo en la distribución	0.1666
		Fiabilidad en la distribución	0.25	
15. Utilización del tiempo concebido para la distribución	0.2727		Atención a reclamaciones en la distribución	0.125
16. Utilización de la capacidad volumétrica de los medios	0.2727		Utilización de las capacidades en la distribución	0.125
			Consistencia 90%	
Consistencia 100%				

Fuente: Elaborado en software utilizado en la investigación



Anexo 19: Vías óptimas y distancias desde el Centro de Distribución

Origen-Destino	Vías óptimas	Origen-Destino	Vías óptimas	Origen-Destino	Vías óptimas	Origen-Destino	Vías óptimas
CD-1	Villuendas-Maestra nicolaza-Chiqui Pedraza-c. Camajuan-Ana pegudo	CD-48	Villuendas-maestra nicolaza-union-c. maleza	CD-121	Paseo la paz-barcelona	CD-217	Villuenda-maestra nicolaza-chiqui Pedraza-c. Camajuan-calle C
CD-3	C. manicaragua			CD-123	Paseo la paz-c. central	CD-227	Villuenda-maestra nicolaza-union-c. Sagua-c. maleza
CD-4	Paseo la paz-calle B	CD-50	Villuendas-maestra nicolaza-union-c. Sagua	CD-139	Circunvalación-c. Camajuan	CD-228	Villuenda-maestra nicolaza-union-c. Sagua
CD-6	Paseo la paz-calleB			CD-145	Circunvalación-c. Camajuan	CD-229	Villuenda-maestra nicolaza-union-c. Sagua-calle 8va-calle 7ma
CD-7	Paseo la paz-carretera central	CD-55	Villuendas-e. machado-Zayas	CD-146	Circunvalación-c. Camajuan	CD-230	Villuenda-maestra nicolaza-union-c. Sagua-calle 4ta
CD-10	Villuendas-Maestra nicolaza-Chiqui Pedraza-C. Camajuani-calle c	CD-57	Villuendas-marti	CD-147	Circunvalación-c. Camajuan	CD-237	Circunvalación sur-autopista nacional
CD-11	Villuendas-Maestra nicolaza-Chiqui Pedraza-c. Camajuan-Ana pegudo	CD-60	Circunvalacion sur-c.central	CD-149	Circunvalación-c. Camajuan	CD-238	Circunvalación sur-c central
CD-13	Villuendas-maestra nicolaza-chiqui Pedraza-c Camajuan-tomas ruiz	CD-62	Circunvalación sur-oguendo	CD-151	Circunvalación-c. Camajuan	CD-247	Paseo la paz-calle 5ta
CD-14	Villuendas-E. machado-Zayas	CD-63	Circunvalación sur-prolongacion martha Abreu	CD-152	Circunvalación-c. Camajuan	CD-249	Circunvalación sur-roble-san Cristóbal-amparo
CD-15	Villuendas-Maestra nicolaza-Chiqui Pedraza-c. Camajuani	CD-65	Circunvalación sur-general merino	CD-153	Paseo la paz-misionero-celle B-calle 3ra	CD-250	Villuenda-maestra nicolaza-union-c. Sagua
		CD-69	Circunvalación sur-Prolongacion martha Abreu-Rafael trita-A. Jiménez	CD-154	Paseo la paz-c. central	CD-252	Villuenda-c central
CD-17	Paseo la paz-c. central	CD-73	Circunvalacion sur-prolongacion martha Abreu-calle c	CD-156	Paseo la paz-misionero-calle B	CD-254	Circunvalación sur
CD-18	Paseo la paz-misionero	CD-74	Circunvalacion sur-prolongacion martha Abreu-calle B-celle 3ra	CD-159	Villuendas-berenguer	CD-256	Villuenda-independencia
CD-22	Paseo la paz-4ta del oeste	CD-75	Circunvalación sur-c. central-Venecia	CD-160	Villuendas	CD-261	Villuenda-marti
CD-23	Paseo la paz-Blanca perez-Manuel ruiz-Barcelona	CD-76	Circunvalación sur-roble-Danielito	CD-161	Paseo la paz-central-Zayas-j. jover-Esquerra	CD-263	Villuenda-marti-maceo
CD-24	Paseo la paz-	CD-77	Circunvalación	CD-164	Paseo la paz-	CD-264	Villuenda-c



	Miguel coyedo		sur-robte-Martha abreu		central-Zayas		central- Ave marti
CD-25	Paseo la paz	CD-79	Villuendas-c. cenral	CD-166	Circunvalación sur-robte	CD-265	Paseo la paz
CD-26	Paseo la paz-Misionero-Luz y caballero	CD-81	Villuendas-c. central-celle 1ra-E machado	CD-178	Circunvalación sur-robte-san cristobal	CD-267	Circunvalación sur-colon
CD-28	Paseo la paz-Misionero	CD-82	Circunvalación sur-colon-Ave martha abreu	CD-183	Paseo la paz-Estrada palma	CD-268	Circunvalación sur
CD-29	Paseo la paz	CD-84	Villuendas-c. central	CD-184	Paseo la paz-Estrada palma	CD-273	Villuenda-marti-lorda
CD-30	Paseo la paz-3ra del oeste-7 diciembre	CD-87	Villuendas-c. central	CD-191	Paseo la paz-1ra oeste	CD-277	Villuenda-central
CD-32	Villuendas-Berenguer	CD-93	Paseo la paz-misionero-calle B	CD-192	Paseo la paz-cptan velazco	CD-278	Circunvalación sur-robte-san cristobal
CD-34	Villuendas-Maestra nicolaza-union	CD-94	Paseo la paz-misionero-calle B	CD-193	Paseo la paz-cptan velazco-aleman	CD-279	Villuenda-independencia
CD-35	Villuendas-maestra nicolaza	CD-95	Paseo la paz-misionero-calle B-calle 4ta	CD-194	Paseo la paz-carvajal		
CD-36	Villuendas-maestra nicolaza-union	CD-96	Paseo la paz-celle B-calle 2da	CD-198	Circunvalación sur-hospital		
CD-37	Villuendas-maestra nicolaza-colon	CD-97	Paseo la paz-calle B-calle 2da-calle E	CD-199	Circunvalación sur-prolongacion colon		
CD-41	Villuendas-maestra nicolaza-union-carretera Sagua	CD-98	Paseo la paz-calleB-calle2da	CD-200	Paseo la paz-barcelona		
CD-42	Villuendas-maestra nicolaza-union-carretera Sagua-calle 14	CD-110	Circunvalación sur-robte-san cristobal	CD-201	Circunvalación sur-planta oxigeno		
CD-43	Villuendas-maestra nicolaza-union-carretera Sagua	CD-114	Circunvalación sur-robte	CD-202	Circunvalación sur-prolongacion colon-Ave martha Abreu-calle 4ta-calle D		
CD-44	Villuendas-maestra nicolaza-union-c. Sagua-calle 6ta	CD-115	Circunvalación sur-jesus menendez	CD-203	Circunvalación sur-prolongacion colon-Ave martha Abreu-calle 4ta-calle E		
CD-46	Villuendas-maestra nicolaza-union-c. Sagua	CD-119	Circunvalación sur-A. Vidaurreta	CD-208	Villuenda-maestra nicolaza-chiqui Pedraza-c. camajuani		
CD-47	Villuendas-maestra nicolaza-union-c. sagua-calle 2da	CD-120	Circunvalación sur-Estrada palma	CD-212	Villuenda-maestra nicolaza-chiqui Pedraza-c. Camajuan-tomas ruiz-f. huerga		



Origen-Destino	Distancia (Km)						
CD-1	4.255	CD-50	3.587	CD-139	13.072	CD-228	4.250
CD-3	0.783	CD-55	3.137	CD-145	4.760	CD-229	4.629
CD-4	1.454	CD-57	3.086	CD-146	7.254	CD-230	4.965
CD-6	1.288	CD-59	3.043	CD-147	6.849	CD-237	7.863
CD-7	2.014	CD-60	4.803	CD-149	7.625	CD-238	4.819
CD-10	3.466	CD-62	4.098	CD-151	10.10	CD-247	0.5571
CD-11	3.233	CD-63	4.246	CD-152	9.625	CD-249	3.266
CD-13	4.662	CD-65	4.443	CD-153	2.6839	CD-250	4.326
CD-14	2.867	CD-69	4.793	CD-154	1.8855	CD-252	2.987
CD-15	4.581	CD-73	5.158	CD-156	2.3193	CD-254	1.7061
CD-17	2.6867	CD-74	5.3412	CD-159	3.271	CD-256	2.685
CD-18	0.5598	CD-75	5.8539	CD-160	2.896	CD-261	3.125
CD-22	1.633	CD-76	5.3845	CD-161	3.113	CD-263	3.321
CD-23	1.720	CD-77	4.7593	CD-164	3.183	CD-264	3.281
CD-24	1.623	CD-79	2.984	CD-166	2.342	CD-265	0.7957
CD-25	1.306	CD-81	3.303	CD-178	3.165	CD-267	1.090
CD-26	1.966	CD-82	1.636	CD-183	1.687	CD-268	1.128
CD-28	1.714	CD-84	2.886	CD-184	1.880	CD-273	2.647
CD-29	1.064	CD-87	2.4898	CD-191	1.038	CD-277	4.456
CD-30	0.8266	CD-93	2.179	CD-192	1.336	CD-278	3.208
CD-32	3.464	CD-94	2.4754	CD-193	1.133	CD-279	2.704
CD-34	3.059	CD-95	2.675	CD-194	1.083		
CD-35	2.629	CD-96	2.4592	CD-198	1.709		
CD-36	2.691	CD-97	2.6494	CD-199	1.242		
CD-37	2.702	CD-98	2.9786	CD-200	1.285		
CD-41	4.922	CD-110	3.371	CD-201	2.212		
CD-42	5.1443	CD-114	2.121	CD-202	2.175		
CD-43	3.96	CD-115	1.421	CD-203	2.004		
CD-44	4.4104	CD-119	1.895	CD-208	4.014		
CD-46	3.5203	CD-120	2.109	CD-212	4.3913		
CD-47	4.9124	CD-121	1.512	CD-217	4.133		
CD-48	3.825	CD-123	2.1977	CD-227	4.302		