

*Universidad de Sancti Spíritus  
“José Martí Pérez”*



*Trabajo de Diploma*

*“Aplicación de un procedimiento para el diseño de rutas en los servicios de atención a interrupciones de Red Abonado en la División Territorial de ETECSA Sancti Spíritus”*

*Autora: Yamilka Espinosa Cuba*

*Tutor: Ing. Ener Raúl Rivera Martín*

*Sancti Spíritus, Junio 2015  
“Año 56 de la Revolución”*

## *Dedicatoria*

*A la memoria de mi papá que ha sido toda mi fuerza e inspiración para salir adelante en esta última etapa de la carrera y que aunque ya no esté conmigo vive en mi corazón.*

## *Agradecimientos*

*A toda mi familia, amistades y profesores por apoyarme de una forma u otra alcanzar este sueño.*

*A todos les agradezco infinitamente...*

*Muchas Gracias*



***“...en la tierra hacen falta personas que trabajen más y critiquen menos, que construyan más y destruyan menos, que prometan menos y resuelvan más, que esperen recibir menos y dar más, que digan mejor ahora y no mañana...”***

***Ché***

## Resumen

La toma de decisiones logísticas, asociada a los servicios de distribución, en la División Territorial de ETECSA Sancti Spíritus, sobre la base de la subjetividad de los criterios a tener en cuenta. Con el objetivo de superar esta insuficiencia la presente investigación propone el desarrollo y aplicación de un procedimiento general y sus procedimientos específicos dirigidos al diagnóstico, a la determinación del Nivel de Servicio al Cliente (NSC), al cálculo del Indicador Integral del Nivel de Desempeño de la Distribución (IINDD) y a la selección de las mejores vías en el servicio de atención a interrupciones de los clientes, siempre con un enfoque a la Cadena de Suministros asociada al servicio.

Los resultados obtenidos estuvieron precedidos por el análisis de algunos términos y definiciones referidas a la toma de decisiones, métodos multicriterios, el NSC, quienes fueron aplicados al objeto de estudio. Los procedimientos desarrollados permitieron detallar el estado actual del servicio seleccionado y la relevancia en el mismo del ruteo de vehículos, determinar el NSC, el indicador propuesto en la investigación y seleccionar las vías más adecuadas entre los clientes a partir de las matrices de vías y distancias, elementos que sientan las bases para futuras investigaciones.

## **Summary**

Making logistical decisions related to distribution services in the Territorial Division ETECSA Sancti Spiritus, based on the subjectivity of the criteria to be taken into account. In order to overcome this failure this research proposes the development and implementation of a general process and specific procedures aimed at diagnosis, determining the level of Customer Service (NSC), the calculation of Integral Indicator Performance Level Distribution (IINDD) and selection of the best tracks on the service interruptions to customers, always with a focus on supply chain associated with the service. The results were preceded by the analysis of some terms and definitions related to the decision making, multicriteria methods, the NSC, who were applied to the object of study. The procedures developed allowed detailing the current status of the selected service and the importance therein of vehicle routing, determine the NSC, the proposed research and select the most appropriate channels with customers from arrays indicator routes and distances elements that form the basis for future research.

## Índice

Introducción.....	1
Capítulo 1. Marco teórico-referencial de la investigación.....	3
1.1 Introducción.....	3
1.2. Concepto de Logística.....	4
1.3. Concepto de Cadena de Suministro y su gestión.....	5
1.3.1. Formas de reducir los costos en la Cadena de Suministro.....	6
1.3.2. Papel del transporte en la Cadena de suministro.....	7
1.4. Servicio al cliente.....	8
1.5. Ruteo de vehículos.....	10
1.5.1. Métodos y técnicas para el ruteo de vehículos. Clasificación.....	11
1.6 Situación actual del ruteo en ETECSA y en el objeto de estudio.....	14
1.7. Distribución.....	14
1.7.1 Diseño de rutas de Distribución.....	15
1.8. Particularidades y tendencias de la distribución en empresas cubanas.....	16
1.9. Toma de decisiones.....	17
1.9.1. Métodos multicriterios.....	18
Capítulo 2. Procedimiento general para el diseño de rutas en los servicios de atención a interrupciones de Red Abonado.....	20
2.1. Introducción.....	20
2.2. Concepción teórica del procedimiento general.....	20
2.3. Descripción del procedimiento general y sus procedimientos específicos.....	22
2.3.1. Fase I del procedimiento general: planificación y diagnóstico del objeto de estudio.....	23
2.3.2. Fase II del procedimiento general: diseño del sistema de ruteo.....	34
2.3.3. Fase III del procedimiento general: mejoramiento y selección de la variante de ruteo definitiva.....	38
2.3.4. Fase IV del procedimiento general: comprobación, corrección y control.....	41
Capítulo 3. Resultados de la aplicación parcial de los instrumentos propuestos.....	43
3.1. Introducción.....	43
3.2. Aplicación del Procedimiento general para el diseño de rutas en el servicio de atención a interrupciones de Red Abonado.....	43
3.2.1. Fase I del procedimiento general: planificación y diagnóstico del objeto de estudio.....	43
3.2.2. Fase II del procedimiento general: diseño del sistema de ruteo.....	50
Conclusiones generales.....	53
Recomendaciones.....	54
Bibliografía.....	55
Anexos.....	61

## Introducción

Las empresas de servicios en todo el mundo están sujetas a la competencia y los continuos cambios del entorno que exigen la constante búsqueda de iniciativas que permitan sobrevivir en un mercado tan dinámico. Se hace indispensable la utilización de nuevos enfoques en la administración, en las estrategias competitivas, la mejora de las operaciones y la integración de las funciones internas, hacer análisis más allá de las fronteras de la empresa e iniciar relaciones de intercambio de información, materiales y recursos con los proveedores y clientes en una forma mucho más integrada, utilizando enfoques innovadores que beneficien conjuntamente a todos los actores de la cadena de suministros.

Las empresas de telecomunicaciones también se enfrentan a este fenómeno y demandan una mejor gestión de los procesos de negocios. La utilización de nuevos métodos y procedimientos de trabajo contribuyen, sustancial y progresivamente, a agregar valor a estos en términos de reducción de costos y tiempo de respuesta así como a elevar la calidad y el nivel de servicio al cliente, permitiendo el éxito en entornos cada vez más agresivos. Estas empresas tienen un importante impacto, ya que constituyen organizaciones económicas y sociales que prestan un servicio destinado a satisfacer las crecientes necesidades de la comunidad. En estas se evidencia la necesidad de gestionar de manera más integrada todas las partes que intervienen en los procesos asociados a los servicios de atención al cliente, garantizar un mejor flujo informativo que permita la retroalimentación entre los diferentes actores y lograr un mejoramiento estructural de los procesos de la empresa a partir de una gestión innovadora, y promover la utilización de técnicas y herramientas que reporten beneficios y un Nivel de Servicio al Cliente (NSC) adecuado a las exigencias actuales.

A pesar de que el sector de las telecomunicaciones en Cuba está dominado por una sola empresa, esta no está exenta de cumplir con los parámetros de calidad para brindar un servicio de excelencia. El desarrollo tecnológico tiene especial dinamismo en esta área, lo que provoca un progresivo incremento en las exigencias de los usuarios. ETECSA se ha convertido en un paradigma del sector de los servicios dentro del sistema empresarial cubano por la calidad en sus prestaciones, explota eficazmente la interacción continua con sus clientes, constituyendo un aliado del sector estatal y particular, atribuyéndose un gran impacto social, pero no está ajena a mejoras en la estructura de sus procesos que permitan elevar la calidad de sus servicios.

Una actividad que ha cobrado un singular interés para la empresa en los sistemas de telecomunicaciones en el territorio es la atención a interrupciones, debido a su efecto categórico dentro del indicador Calidad del servicio, constituye el objeto de estudio de esta investigación. El aumento de reportes ocasiona el deterioro actual de este indicador, lo cual requiere de una repuesta más rápida y eficiente por parte de ETECSA, que permita la restauración de las afectaciones reportadas en el menor tiempo y con la mayor calidad posible, así elevar la satisfacción de los clientes.

Lo anterior es imposible si no se cuenta con una estricta organización del trabajo, procesos bien definidos que constituyan una guía para los trabajadores encargados de llevar a cabo las actividades que los componen, una correcta sincronización en las capacidades de los procesos logísticos que integran el

servicio. Al mismo tiempo, es preciso contar con herramientas de optimización y control que les permita a los responsables llevar a cabo una adecuada distribución y supervisión del trabajo.

En la División Territorial de ETECSA Sancti Spíritus se ha evidenciado un aumento de las quejas de los clientes respecto a las demoras en la atención de las interrupciones en los servicios de red abondo, además la calidad de las reparaciones a las afectaciones no es la idónea, esto en conjunto con otras causas a provocado una disminución del nivel de servicio al cliente (NSC). Por otra parte en la dirección de la planta exterior expresa que el indicador de consumo de combustible se encuentra elevado, lo que pudiera estar ocasionado por recorridos incensarios en las rutas por parte de los reparadores en la atención de los reportes. Lo anterior expuesto conforma la **situación problemática** de la presente investigación.

Por tanto, planteamos el siguiente **Problema científico**: En la División Territorial de ETECSA Sancti Spíritus no existe un procedimiento con bases científicas que considerando sus características y particularidades, así como su entorno de acción, guíen el proceso de diseño de rutas para los servicios de atención a interrupciones de Red Abonado.

Planteó como **hipótesis general de la investigación** la siguiente: Si se aplica un procedimiento que permita el diseño de rutas para los servicios de atención a interrupciones en la División Territorial de ETECSA Sancti Spíritus considerando las características propias de la empresa y el entorno donde opera se podrá mejorar el NSC, el recorrido innecesario de los reparadores y así contribuye en la disminución de gastos de transportación.

En correspondencia con todo lo expuesto, el **objetivo general de la investigación** aplicar un procedimiento que permita el diseño de rutas para los servicios de atención a interrupciones en la División Territorial de ETECSA Sancti Spíritus.

Los **objetivos específicos** son los siguientes:

1. Realizar una revisión de la literatura internacional y nacional sobre el estado del arte y la practica de los aspectos relacionados con el ruteo de vehículos, la toma de decisiones basada en métodos multicriterio, entre otros elementos, lo cual servirá como guía para la investigación al permitir la construcción del marco teórico-referencial.
2. Seleccionar un procedimiento que permita el diseño de rutas para los servicios de atención a interrupciones en la División Territorial de ETECSA Sancti Spíritus.
3. Aplicar parcialmente el procedimiento seleccionado para el diseño de las rutas de servicios.

La investigación está estructurada en tres capítulos:

Capítulo I: Marco Teórico Referencial, donde se recogen los fundamentos teóricos y prácticos que servirán de soporte para el presente estudio.

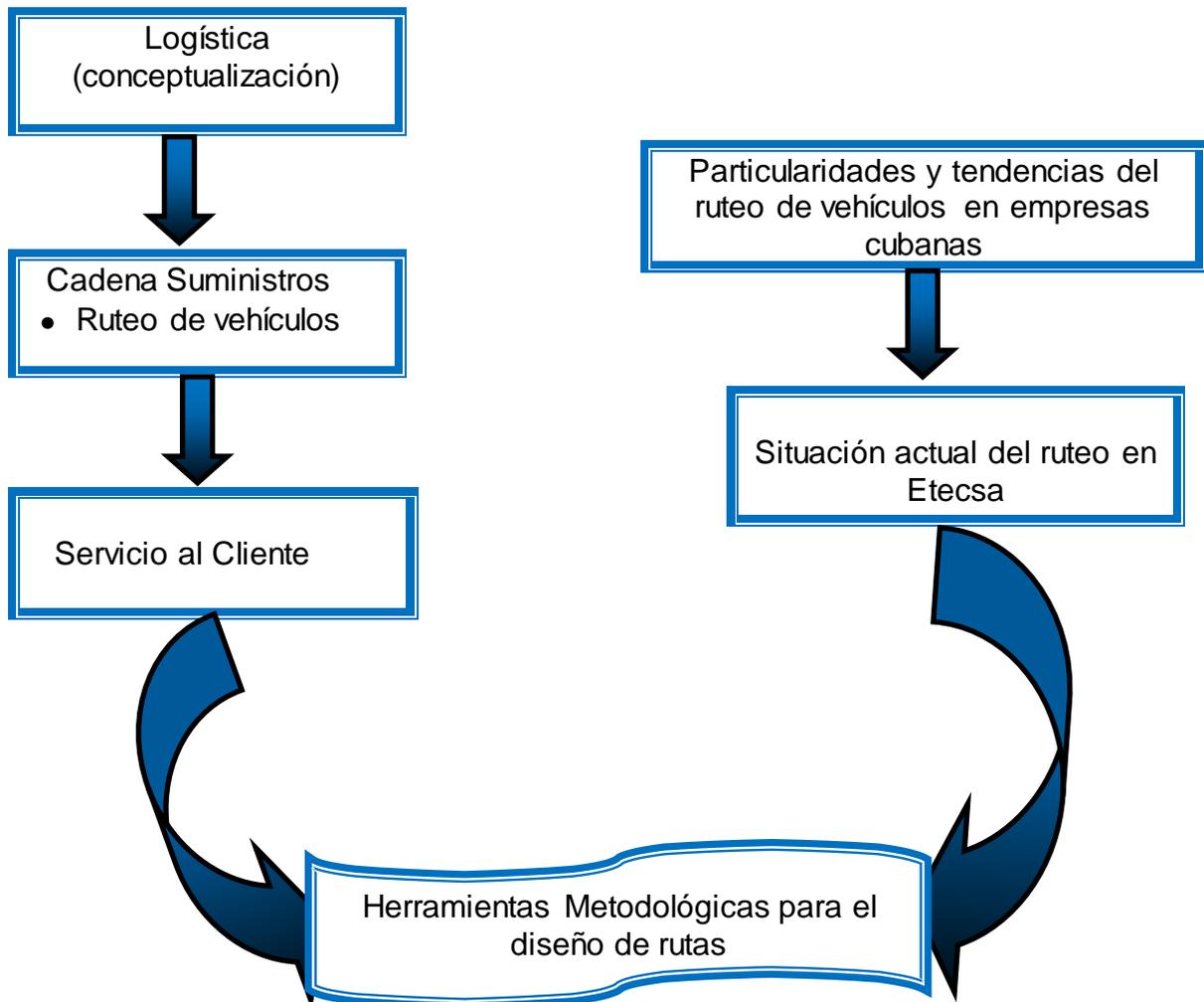
Capítulo II: Se resumen y explican todos los instrumentos metodológicos desarrollados en el procedimiento general.

Capítulo III: Se muestran aplicaciones prácticas en forma de estudios de casos que evidencian la factibilidad de aplicación del instrumental metodológico desarrollado

## Capítulo 1. Marco teórico-referencial de la investigación

### 1.1 Introducción

El continuo desarrollo tecnológico y empresarial exige cambios radicales en la forma de gestionar sus negocios, que permitan mostrar un producto de alta calidad y un servicio eficiente que satisfaga las necesidades de los clientes. Con el objetivo de cumplimentar bibliográficamente los requerimientos y los temas que servirán como soporte y guía en esta investigación, se aborda distintos elementos que son reflejados en la literatura nacional e internacional, los mismos están organizados según el hilo conductor que aparece en la figura 1.1.



**Figura 1.1. Hilo conductor del Marco Teórico-Referencial de la Investigación.**

## 1.2. Concepto de Logística

La Logística empresarial tiene como misión fundamental colocar los productos requeridos en el lugar adecuado, en el momento preciso y en las condiciones deseadas, contribuyendo lo máximo posible a la rentabilidad de la empresa. Tiene como objetivo la satisfacción de la demanda en las mejores condiciones de servicio, costo y calidad. Se encarga de la gestión de los medios necesarios para alcanzar este objetivo y moviliza tanto los recursos humanos como los financieros que sean adecuados. La logística es fundamental para el comercio, sus actividades son el puente entre la producción y los mercados que están separados por el tiempo y la distancia. Garantizar la calidad de servicio, es decir la conformidad con los requisitos de los clientes, da una ventaja competitiva a la empresa. Hacerlo a coste menor permite mejorar el margen de beneficio de la empresa. Conseguirlo garantizando la seguridad permite a la empresa evitar sanciones pero también comunicar en temas actuales como el respeto del medio ambiente y ética empresarial. Esto permite explicar el carácter estratégico de la función logística en muchas empresas y la importancia que reviste este campo relativamente nuevo dentro de la Gestión Empresarial al centrarse en el tratamiento coordinado de todas las actividades debido a sus estrechas relaciones en la práctica Ballou [1991].

En el ámbito empresarial existen múltiples definiciones del término Logística que han evolucionado desde la logística militar hasta el concepto contemporáneo del arte y la técnica que se ocupa de la organización de los flujos de mercancías, energía e información.

Muchos especialistas han dado su definición de Logística y todos tienen puntos coincidentes. Autores como Magee [1968], Ballou [1991], Colectivo de autores [1995] y McCormick [1996], Cespón Castro et al. [2001], Torres & Conejero [2000], Acevedo Suárez et al. [2000], entre otros, en mayor o menor grado definen la Logística como un amplio espectro de actividades tales como planificación, administración y control del flujo de los materiales con su información y finanzas asociadas, desde el origen hasta el destino final, a lo largo de los procesos de aprovisionamiento, almacenamiento y distribución, los que a su vez comprenden funciones tan disímiles como: previsión de la demanda, las compras y el transporte, entre otras, que integradas convenientemente, permiten ofrecer al cliente el producto o servicio requerido, con la calidad deseada, en la cantidad necesaria, en el momento y lugar preciso, al menor costo posible. Otros como Lalonde & Grabner [1971] y Christopher [1972] en artículos publicados, definen la Logística como la unión de la Gestión de los Materiales con la distribución física.

Bowersox [1979] asocia el concepto de Logística a la aplicación del enfoque en sistema a la solución de los problemas de suministro y distribución de las empresas, véase [Torres Gemeil et al. 2003].

Según el Consejo de Profesionales de la Gestión de la Cadena de Suministros, de sus siglas en inglés, *CSCMP* (anteriormente conocido como *Council of Logistics Management*, de sus siglas *CLM*) la Logística es aquella parte de la Gestión de la Cadena de Abastecimientos que planifica, implementa y controla el flujo, hacia atrás y adelante, y el almacenamiento eficaz y eficiente de los bienes, servicios e información relacionada desde el punto de origen al punto de consumo con el objetivo de satisfacer los requerimientos de los consumidores. Esta definición fue cambiada a partir del año 2000, por el auge

alcanzado por la Administración de la Cadena de Suministros como filosofía de gestión. Este concepto se ha nutrido de las bondades del enfoque JIT, del MRP y de otros sistemas modernos de gestión productiva, llegando a nuestros días con el nombre de Logística Empresarial o Administración de la Cadena de Suministros, como una forma de dirigir los procesos productivos bajo la óptica de que las cuatro partes fundamentales del proceso (aprovisionamiento-producción-distribución física-logística de los residuales), deben funcionar fusionadas, integradas armónicamente, sin ocasionar daños al medio ambiente. El autor de la presente investigación, teniendo en cuenta las opiniones consultadas, considera que la logística, al comenzar con la necesidad de pedidos de materias primas y terminar cuando el producto final es entregado incluyendo todo lo relacionado con la transportación, requiere de un enfoque en sistema de todos los procesos que la involucra, para proporcionar un Nivel de Servicio al Cliente (NSC) acorde a las exigencias. En el epígrafe siguiente se aborda la Cadena de Suministro y su gestión como un grado superior de integración de la Gestión logística.

### **1.3. Concepto de Cadena de Suministro y su gestión**

Los procesos dentro y fuera de la empresa se han convertido en uno de los desafíos más importantes de la logística en la actualidad. La Gestión de la cadena de suministros (SCM) se ha convertido en un escalón superior de la integración, dentro de la Logística Empresarial, en la búsqueda de generar ventajas competitivas.

La Cadena de Suministro es una compleja serie de procesos de intercambio o flujo de materiales y de información que se establece tanto dentro de cada organización o empresa, como fuera de ella, con sus respectivos proveedores. Los autores Acevedo Suárez et al. [2001] y Schroeder [2005], coinciden con esta definición, añadiendo que la Cadena de Suministro proporciona un producto o servicio al cliente, en última instancia.

El *CSCMP* [2005] define Cadena de Suministro como:

1. La Cadena de Abasto eslabona a muchas compañías, iniciando con materias primas no procesadas y terminando con el consumidor final utilizando los productos terminados.
2. Todos los proveedores de bienes y servicios y todos los clientes están eslabonados por la demanda de los consumidores de productos terminados, al igual que los intercambios materiales e informáticos en el proceso logístico, desde la adquisición de materias primas hasta la entrega de productos terminados al usuario final.

Según definición del Centro Español de la Logística (CEL) [2002], la Cadena de Suministro es la integración de las empresas que participan en la producción, distribución, transportación, manipulación, almacenamiento y comercialización de un producto y sus componentes en función de optimizar utilidades y satisfacción al cliente.

Asimismo, Jiménez Sánchez & Hernández García [2002] reconocen que son varios los aspectos que se tienen que tomar en cuenta para optimizar la cadena, entre ellos: (1) crear relaciones de colaboración entre proveedores y clientes, (2) agilizar los procesos en la toma de decisiones, (3) fomentar la

comunicación, coordinación y colaboración, (4) uso adecuado de la tecnología de la información y (5) reconocer la importancia del transporte.

Con lo planteado anteriormente, de una forma u otra se han expuesto los objetivos de las Cadenas de Suministros, agregando además la capacidad de entrega de variedad de productos y el balance adecuado. Para lograr el efectivo cumplimiento de los mismos se hace necesaria una correcta *SCM*.

La gestión de la cadena de suministros (*SCM* por sus siglas en inglés, *Suply Chain Management*), 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.

Una exitosa cadena de suministros entrega al cliente final el producto apropiado, en el lugar correcto y en el tiempo exacto, al precio requerido y con el menor costo posible. La Cadena de Suministros agrupa los procesos de negocios de múltiples compañías, así como a las diferentes divisiones y departamentos de nuestra empresa. Definida de una forma sencilla, *SCM* engloba aquellas actividades asociadas con el movimiento de bienes desde el suministro de materias primas hasta el consumidor final. Esto incluye la selección, compra, programación de producción, procesamiento de órdenes, control de inventarios, transportación almacenamiento y servicio al cliente. Pero, lo más importante es que también incluye los sistemas de información requeridos para monitorear todas estas actividades.

El *CSCMP* en el año 2005 planteó algunos conceptos sobre la *SCM*, los cuales expresan de forma resumida que la *SCM* es la unificación de firmas para gestionar todas las actividades de forma global, en función del beneficio óptimo de toda la cadena.

Desde su punto de vista, Sasson Rodes [2005] define la *SCM* como la planificación, organización y control de las actividades de la Cadena de Suministro, en las cuales está implicada la gestión de flujos monetarios, de productos o servicios de información, a través de toda la Cadena de Suministro, con el fin de maximizar el valor del producto o servicio entregado al consumidor final a la vez que se disminuyen los costos de la organización.

En conclusiones, una Cadena de suministro es una red global usada para suministrar productos y servicios. Considerando la importancia que revisten los costos dentro de esta como factor determinante en la competitividad empresarial y en el Nivel de Servicio al Cliente (NSC), y teniendo en cuenta el impacto de estas cadenas en la economía nacional y en la sociedad en general, se dedica el epígrafe subsiguiente a abordar algunas ideas para la reducción de los mismos.

### **1.3.1. Formas de reducir los costos en la Cadena de Suministro**

Autores como Christopher [1992], Acevedo Suárez et al. [2001], Gómez Acosta & Acevedo Suárez [2001], Cespón Castro & Amador Orellana [2003], Schroeder [2005],

Ballou [2005], Knudsen González [2005] y Fitter [2009] han descrito algunas formas bien definidas de reducción de costos en las Cadenas de Suministro, estas 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.

### **1.3.2. Papel del transporte en la Cadena de suministro**

El transporte es un área de decisiones clave en la Logística, que absorbe en promedio, un porcentaje más alto de los costos de logística que cualquier otra actividad [Ballou, 1991]. Según Norman [2000] este representa cerca del 60% de los costos logísticos, lo que en algunos casos puede significar dos o tres veces la ganancia de una empresa. Este dato refleja la opinión común de que el transporte es en gasto y no una fuente de ventajas competitivas para las empresas. Por la razón antes mencionada, entre otras, es que un adecuado desempeño de la Cadena de Suministro depende en gran parte del transporte, además de que se encuentra en los dos extremos de los eslabones de la misma, dígame abastecimiento y distribución. Las principales funciones del transporte en la Logística están y han estado tradicionalmente ligadas básicamente a las dimensiones de tiempo y utilidad de lugar. En tal sentido, se ha dejado de considerar de una manera estratégica el diseño o análisis del transporte de las cadenas, donde se inserta el problema del ruteo, con un enfoque multicriterial tal que con ello, se obtengan resultados más cercanos a un valor deseado. En la Tabla 1.2 se muestran algunas decisiones logísticas relacionadas con el transporte.

Factores tales como flexibilidad, rapidez para cumplir con la puntualidad del servicio y fiabilidad son de mucha importancia en el sistema de transporte [Higuera, 2000]. Estos aspectos reflejan, a grandes rasgos, la significancia del impacto del transporte en el servicio al cliente y las principales exigencias del mercado, generalmente ligadas además a la capacidad de respuestas ante quejas, la gerencia de los riesgos asociados a robos, daños y fallas y la capacidad del transportista de ofrecer más que un servicio básico de transporte, tornándose capaz de ejecutar otras funciones logísticas.

**Tabla 1.2. Algunas decisiones logísticas relacionadas con el transporte**

<b>Áreas</b>	<b>Decisiones relacionadas con</b>
Servicio al cliente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesidades de transportación</li> <li>• Calidad del servicio de transportación (cumplimiento del itinerario )</li> <li>• Tiempo de Viaje</li> <li>• Tarifas competitivas</li> <li>• Tiempo de espera en las paradas</li> </ul>
Ubicación de los puntos origen-destinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elección de las rutas</li> <li>• Enrutamiento (autos)</li> <li>• Localización de instalaciones (servicentros, talleres, bases de ómnibus, etc)</li> </ul>
Selección de los medios de transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo de transportación</li> <li>• Consumo de combustible</li> <li>• Utilización de las capacidades de los medios de transporte</li> </ul>

**Fuente: Knudsen González et al. [1997].**

Según Jiménez Sánchez & Hernández García [2002] con la especialización de las unidades productivas, el transporte ha alcanzado una mayor importancia, pero también ha incrementado los costos en la Cadena de Suministro. Disminuir estos costos es un objetivo primario para toda empresa distribuidora y este objetivo se logra mediante alternativas, algunas de las cuales no han sido aún abordadas en la investigación, como: (1) optimizar el uso de los equipos de transporte en su capacidad de carga, (2) disminuir al máximo los tiempos de las operaciones de carga y descarga de los equipos de transporte en los nodos de la red, (3) seleccionar el método adecuado para optimizar el transporte de reparto, (4) optimizar la explotación de los equipos y medios de manipulación y almacenamiento de las cargas.

Lugo [2007] plantea que el transporte a pesar de ser uno de los elementos más importantes, como ya se mencionó, es de los más críticos y de los menos entendidos en la Cadena de Suministro.

Sin embargo, con respecto a la utilización del transporte en actividades como la distribución de bienes y servicios en la industria, hoy en día existen diferentes paquetes informáticos integrados que incorporan distintos algoritmos y proporcionan soluciones casi óptimas en tiempo real, que posteriormente se abordarán en el epígrafe 1.5, [Torres Gemeil et al., 2003]. Según Balseiro [2007] al decir de Toth & Vigo [2002], las aplicaciones en casos reales ha demostrado que el ahorro logrado por estas técnicas en los procesos de distribución es substancial: del 5% al 20%.

#### **1.4. Servicio al cliente**

El objetivo principal de una organización, para lograr un nivel de utilidades deseado, es satisfacer las necesidades de los clientes. El servicio al cliente es el conjunto de actividades interrelacionadas que ofrece un suministrador con el

fin de que el cliente obtenga el producto en el momento y lugar adecuado y se asegure un uso correcto del mismo. El servicio al cliente es una potente herramienta de marketing, identificada como una fuente de respuestas a las necesidades del mercado y las empresas, y debe contemplar una estrategia más dinámica en el contexto actual de los negocios. Se trata de una herramienta que puede ser muy eficaz en una organización si es utilizada de forma adecuada, ya que es responsable de conectar la necesidad del cliente con la operación interna de la empresa [Torres Gemeil et al. [ 2003]

Contar con un adecuado diseño del servicio al cliente para trabajar por una adecuada competitividad empresarial. Reducir la brecha entre el servicio brindado y el percibido es hoy objetivo esencial de las organizaciones, la reducción de esta brecha solo es posible a través de un adecuado nivel de organización del sistema logístico, es por ello que está reconocido que el diseño del servicio al cliente constituye el punto de partida del diseño de los sistemas logísticos.

Muchos autores han dado su definición de servicio al cliente coincidiendo los mismos en el enfoque al cliente en un período de tiempo y cumpliendo requerimientos de calidad en función de la percepción del mismo. Según Christopher [1994] el servicio al cliente es la provisión consistente de utilidad, de momento y de lugar. También Lalonde & Zisner [1976] hicieron una búsqueda de conceptos de servicio al cliente y entre los más interesantes están [Torres Gemeil et al., 2003]:

- Todas las actividades requeridas para aceptar, procesar, servir y facturar los pedidos de los clientes y supervisar cualquier actividad que haya salido mal.
- Exactitud y fiabilidad a la hora de entregar lo pedido por el cliente en consonancia con sus expectativas.
- 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.

En el manual de Cespón Castro & Amador Orellana [2003] aparecen otras definiciones de especialistas que han intentado captar la naturaleza general del servicio al cliente y aunque son redundantes con las definiciones anteriores, algunas añaden a estas que la entrega del producto al cliente puede prolongarse en algunos casos, como en el servicio de equipos, mantenimiento o cualquier otro soporte técnico.

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 los autores antes citados, súmese Ballou [1991], en el servicio al cliente existen tres etapas diferentes que contienen un conjunto de elementos del NSC, referidas al momento de efectuarse la transacción o venta del producto o servicio, como se muestra en el **anexo 1**.

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.

Conejero González [2007], de una manera no tan estructurada y poco conceptualizada, plantea en su estudio un conjunto de elementos de servicio al cliente y los atributos que a su juicio, a estos han de estar relacionados, coincidiendo con estos los planteados por Gómez Acosta & Acevedo Suárez [2001], dichos elementos devienen los cinco primeros mencionados anteriormente.

Lograr la satisfacción de los clientes es la divisa más importante de las organizaciones que buscan la permanencia en el mercado, para medir esto de manera más eficiente, es posible crear todo tipo de herramientas e indicadores, pero siempre teniendo en cuenta, como criterio principal, la opinión de los clientes, al constituir estos el principal actor de la Cadena de Suministro. Muchos autores consultados coinciden en aceptar el tiempo de ciclo del pedido como el factor más crítico del NSC, en gran medida, esta investigación buscará su mejora para el proceso objeto de estudio.

### **1.5. Ruteo de vehículos**

Debido a la relevancia que ha cobrado la Logística Empresarial o Cadena de Suministros en la gestión empresarial actual, producto de su significativa incidencia en el éxito de los sectores de la producción y los servicios. Esta se ha convertido no solo en un factor clave de la gestión, sino en un elemento diferenciador, que contribuye a superar las barreras de la competencia de mercado. El éxito se concentra en su enfoque sistémico, materializado en la coherencia entre sus diferentes eslabones, que genera un efecto multiplicador que agrega continuamente valor a los procesos. Por lo que se hace necesario corregir desviaciones negativas y explotar todas las reservas de productividad existentes para mejorar sostenidamente sus resultados, alineando la gestión de cada uno de sus cuatro subsistemas; aprovisionamiento, producción, distribución y logística inversa. Dentro del subsistema de distribución, específicamente en la actividad de transporte, el ruteo de vehículos contribuye a mejorar la efectividad de la distribución física, posibilitando ofrecer un elevado nivel de servicio balanceado con el mínimo costo posible, todo lo cual tributa al cumplimiento de los objetivos empresariales y al logro de la satisfacción de los clientes.

Los problemas de ruteo de vehículos en realidad son un amplio conjunto de variantes y personalizaciones de problemas. Desde los que son más sencillos hasta algunos que hoy en día siguen siendo materia de investigación. En ellos en general, se trata de averiguar las rutas de una flota de transporte para dar servicio a unos clientes. Este tipo de problemas pertenece a los problemas de optimización combinatoria. En la literatura científica, Dantzig y Ramser fueron los primeros autores en 1959, cuando estudiaron la aplicación real en la distribución de gasolina para estaciones de carburante. La función objetivo depende de la tipología y características del problema. Lo más habitual es intentar: minimizar el coste total de operación, minimizar el tiempo total de transporte, minimizar la distancia total recorrida, minimizar el tiempo de espera,

maximizar el beneficio, maximizar el servicio al cliente, minimizar la utilización de vehículos, equilibrar la utilización de los recursos, etc.

### **1.5.1. Métodos y técnicas para el ruteo de vehículos. Clasificación**

Encontrar las rutas más económicas que recorrerán los vehículos es el objetivo de la mayoría de los algoritmos de diseño de rutas. Muchos autores como Cespón Castro & Amador Orellana [2003], Ballou [1991] y [2005], entre otros, han abordado el tema del ruteo de vehículos planteando diferentes métodos para la solución de éste. Todos estos métodos han estado orientados hacia tres grandes grupos: los métodos de optimización (exactos), los métodos heurísticos y los de prueba y error (aproximados). En la tabla que se muestra en el anexo 2 elaborada por Torres Gemeil & Mederos Cabrera [2005] se muestra un resumen de estos métodos y técnicas. En el anexo 3 se muestra una tabla que incluye otras clasificaciones de las técnicas de ruteo de vehículos y sus características.

#### **Métodos de optimización (exactos)**

Para Moraga Suazo et al. [2003] los algoritmos exactos son aquellos que producen una solución óptima y para ello emplean varias técnicas con objeto 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]. Debido a que las soluciones son demasiado académicas, muestran un rendimiento pobre, utilizan modelos simplificados del problema original y ciertos problemas ofrecen complejidad computacional para su procesamiento, se han desarrollado múltiples tipos de algoritmos aproximados que proporcionan soluciones de alta calidad [Alonso et al. 2004]. 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, etc.

#### **Métodos heurísticos**

Ignizio & Cavalier [1994] y Reeves [1996], muchos 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 RAE [2001] 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 por qué 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 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 metaheurísticas, según Osman & Kelly [1996], véase Crainic & Toulouse [2003], 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 Gendreu et al. [1991], Osman [1993], Campos & Mota [1995], Kantoravdis [1995], García Márquez & Laguna [s/f] y Laguna [2000] consideran como técnicas metaheurísticas a los algoritmos de colonia de hormigas, recocido simulado, algoritmos genéticos, búsqueda tabú, redes neuronales, optimización por nubes de partículas. Muchas de las primeras técnicas 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 resolvedores 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.

Algunos autores como Salto [2000]; Díaz Parra & Cruz Chávez [2006] y otros ya mencionados, plantean algunas otras definiciones de los métodos de solución empleados en el Problema de Ruteo de Vehículos, en ninguna medida alejadas o muy diferentes a las citadas, que se empeñan en ser más generales concibiendo solo dos grandes grupos en que se enmarcan estos métodos, (1) exactos y (2) aproximados, es de interés destacar que en el segundo de estos se incluyen a los métodos de naturaleza heurísticos y los metaheurísticos, así como los de prueba y error.

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 Reinelt [1994], Alonso et al. [2004] y Ramos [2007], 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].

Los elementos referenciados anteriormente, que en alguna medida son empleados para la solución de los diferentes tipos de problemas que se abordarán, se encuentran resumidos en el anexo 4.

## **1.6. Situación actual del ruteo en ETECSA**

El proceso de ruteo en la dirección territorial de ETECSA Sancti Spíritus no está estructurado con un enfoque al cliente. Esta situación implica importantes deficiencias en la distribución que traen consigo un aumento de los costos asociados a este proceso. El ruteo de las fuerzas y medios vinculados a los servicios de atención a interrupciones en ETECSA guarda aún las asperezas de un modelo empírico que nunca incentivó más que el factor subjetivo en la realización del mismo. Atendiendo a este planteamiento, escasa es la documentación que aparece registrada en las diferentes fuentes al respecto. Por otra parte, estudios recientes muestran una tendencia al deterioro en el indicador, de atención a interrupciones uno de los principales inductores de la Calidad del Servicio en el territorio.

En estos análisis se hace énfasis en eliminar el llamado cruceo insensato de los reparadores para finalmente llegar a los clientes. Una de las acciones que en este sentido se ha venido sucediendo, a partir de un primer análisis, fue la de segmentar el territorio en rutas y asignarlas por parejas de reparadores encargados solamente a interrupciones. El incremento de la productividad laboral en este sentido ha sido enorme, en comparación a la situación anterior donde las quejas eran entregadas sin tener en cuenta la cercanía entre ellas, lo cual ha devenido en ahorros considerables para el país ante la crisis de combustible, materiales y medios de trabajo.

Los cambios en las perspectivas del ruteo de medios y fuerzas de Planta Exterior en el Centro de Telecomunicaciones Sancti Spíritus, básicamente se han concentrado en que ahora son los mismos reparadores quienes, en sus respectivas zonas de trabajo, efectúan el trazado de sus rutas de servicios. Esto en buena medida es consecuencia, como se comentó anteriormente, a que la infraestructura del ruteo de vehículos ha poseído insuficiencias constantemente, al no haber sido concebida de una manera racional y enfocada a las circunstancias específicas, necesidades y recursos de la empresa y carece de enfoques optimizadores que impliquen la utilización de herramientas y procedimientos de mejora.

## **1.7. 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. Esta 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: En la tabla 1.4 se muestra el contenido de este proceso.

**Tabla 1.4. Procesos del subsistema de distribución**

<b>Gestión</b>	<b>Proceso</b>	<b>Contenido</b>
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, R. & Amador Orellana, M. [2003]**

Para realizar una distribución adecuada se debe seguir una serie de pasos generales:

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.

El autor de la presente investigación considera que la distribución no goza de una correcta aplicación en el servicio objeto de estudio, ya que la selección de las rutas de distribución se hace de manera completamente empírica y subjetiva.

### **1.7.1 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 se puede 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 del servicio objeto de estudio en el municipio de Sancti Spíritus.

### **1.8 Particularidades y tendencias de la distribución en empresas cubanas**

La distribución de productos en Cuba, guarda aún las asperezas de un modelo empírico, que nunca incentivó más que el factor subjetivo en la realización del mismo. Basado en este planteamiento escasa es la documentación que aparece registrada en las diferentes fuentes al respecto.

Según Gutiérrez Pradera & Santos Norton [s/f], en la actualidad existen tendencias que están siguiendo las políticas de distribución física en las empresas cubanas:

1. Negociar con comercial los niveles de servicios.
2. Establecer compromisos de entregas negociados con comercial. Se tendrá en cuenta de manera objetiva las fechas posibles y los plazos de entrega de los productos a sus clientes.
3. Establecer y perfeccionar el sistema de previsión. Se hará un estudio de las demandas actuales y futuras para prever con relativa exactitud las mismas, con el objetivo de poder planificar y organizar las actividades de distribución física.
4. Gestionar los stocks de productos terminados.
5. Negociar con producción el plan de fabricación. Existirá una relación entre los planes de producción y de distribución, ya que lo que se produce es lo que se distribuye, teniendo en cuenta las solicitudes realizadas por los clientes.
6. Aumentar el número de envíos directos. Si se disminuye los almacenes regionales crece la entrega directa de productos al cliente, permitiendo la reducción de los costos de manipulación, almacenaje y en muchos casos de transportación.
7. Aumentar el tamaño de la entrega mínima. Es importante aumentar el tamaño de los envíos directos para reducir costos de transportación y de esta forma elevar el aprovechamiento de las capacidades de los vehículos de transporte.
8. Protección al medio ambiente. Renovación, reciclaje y recogida. Se velará porque la renovación, el reciclaje y la recogida de mercancía se realicen sin afectar el medio ambiente.

## 1.9. Toma de decisiones

En el campo de la ciencia de la decisión el problema de toma de decisiones con múltiples criterios quizás es el área de desarrollo más activo en los últimos años (investigación operativa, gestión de recursos). A pesar de la creciente aplicación de las técnicas matemáticas en el ámbito empresarial aún existen limitaciones en la introducción de dichas técnicas. 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 decidores, realizándose el proceso de toma de decisiones empíricamente, o sea, basado en la experiencia del factor humano que participa en la tarea [Garza Ríos & González Sánchez, 2005].

Las autoras antes mencionadas consideran la toma de decisiones 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 Martínez [1997], este es un proceso de convertir información en acción, de identificación y formulación de soluciones factibles, evaluación de las mismas y selección de la mejor de ellas. Según lo planteado por autores tales como Gomes & Duarte [1991], Romero [1993] y Barba-Romero Casillas & Pomerol [1997] se puede decir que en la toma de decisiones se pueden identificar al menos cuatro fases: recogida de información (obtención de datos de criterios y alternativas), diseño (determinación precisa de criterios y sus escalas de medida, así como la construcción completa del conjunto de elección), selección (elección de una de las alternativas) y revisión (revisión de las decisiones).

La toma de decisiones multicriterio, según Hurtado & Bruno [2006], ha desarrollado una personalidad propia que utiliza una terminología específica que incluye conceptos nuevos, donde algunos tienen el mismo significado semántico, a continuación se definen los mismos:

- Alternativas: Posibles soluciones o acciones a tomar por el decisor o unidad decidora.
- Atributos: Característica que se utiliza para describir cada una de las alternativas disponibles, que 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.

Al decir de Hampton [1989], autores como Gomes & Duarte [1991], Monks [1991], Hillier & Lieberman [1993], Asencio García & Kalifa [1994], Hernández Rodríguez [1994], Silva & Marrero Delgado [1994], Mathur & Solow [1996], Render & Heizer [1996], Hernández Maden [1997], Taha [1998], Marrero Delgado [2001], han abordado sistemas de procedimientos a seguir para la toma de decisiones.

### 1.9.1. Métodos multicriterios

Un método multicriterio es un procedimiento que a diferencia del tradicional análisis beneficio-costos 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].

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 [López, 1998]. Para resolverlo la literatura especializada recoge varios enfoques, entre ellos resalta el desarrollado por Romero [1993], 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)

De acuerdo con la clasificación anterior los métodos multicriterio quedan agrupados de la forma que se muestra en la Tabla 1.5.

En la literatura existen muchas otras clasificaciones de los métodos multicriterios, entre ellas la que plantea Arias Martín [1992], Barba-Romero & Pomerol [1997] y Flament [2007], relacionada con múltiples alternativas, mediante la cual el tercer autor plantea un conjunto de problemáticas de referencia, con las cuales coincide en gran medida el segundo:

- Selección: elegir un subconjunto que contenga las mejores alternativas (por omisión, las alternativas satisfactorias).
- Clasificación: ubicación de las alternativas en clases predefinidas.
- Ordenamiento: secuenciación de las alternativas en clases de equivalencia ordenadas de modo completo o parcial.
- Descripción: utilizar un lenguaje apropiado para definir las alternativas y sus consecuencias.

Barba-Romero & Pomerol [1997] valora su clasificación en dos grupos: el de los métodos discretos (numero finito de alternativas) y el de los continuos (número infinito de alternativas). Romero [1993] clasifica a estos métodos realizando dos precisiones: la primera incluye a algunos métodos multicriterio continuos, o sea, los métodos interactivos, así como gran parte de los métodos multicriterio discretos y la segunda, que en la clasificación dada por atributos múltiples, autores como Moskowitz & Wright [1984] incluyen la Programación Meta, lo que contradice la definición de atributos y metas.

Al existir contradicciones con las clasificaciones de los métodos multicriterios, el autor de la presente investigación adoptó la clasificación expuesta por Barba-Romero & Pomerol [1997].

En la práctica, para la elección del método multicriterio más adecuado ante los problemas decisionales reales con criterios múltiples, influyen considerablemente las características situacionales del problema decisional en concreto [Rodríguez Cotilla, 2000]. En base a esto se apunta que la elección del mejor método multicriterio es un problema multicriterio en sí mismo.

**Tabla 1.5. Clasificación de los métodos multicriterio atendiendo al carácter múltiple de los objetivos, metas y atributos.**

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

**Fuente: Marrero Delgado [2001].**

## **Capítulo 2. Procedimiento general para el diseño de rutas para el servicio a interrupciones de Red Abonado.**

### **2.1. Introducción**

En el presente capítulo se desarrolla un procedimiento general, que a la par de un conjunto de procedimientos específicos, permite diseñar las rutas en el servicio de atención a interrupciones en ETECSA a través del enfoque multicriterio. Este diseño tributa a la solución del problema científico de la investigación y es un elemento de influencia directa en el mejoramiento del NSC y del desempeño de la distribución.

### **2.2. Concepción teórica del procedimiento general**

#### **Premisas de construcción:**

La construcción del procedimiento se realizó sobre las premisas siguientes:

- Lleva implícita la función logística y aunque se apoya en la filosofía de *SCM*, hace énfasis en el ruteo de vehículos.
- Las técnicas y herramientas desarrolladas para la implementación del procedimiento general, permiten considerarlo dialécticamente, en continuo perfeccionamiento.
- 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.
- 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 Cálculos Principales Indicadores (*KPI*) utilizados en el Indicador Integral del Nivel de Desempeño de la Distribución (IINDD), como elementos claves del diagnóstico.

#### **Objetivos General**

El objetivo general es el diseño de rutas, a partir del enfoque multicriterio, en los servicios de atención a interrupciones en ETECSA, como elemento de influencia directa en el mejoramiento del NSC y en el desempeño del proceso logístico de 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. Realizar el diseño multicriterio de las rutas de distribución.

3. Proponer tareas a tener en cuenta para la implantación.

4. 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 producción.
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 la seleccionada 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 importancia de los problemas, pesos de criterios y factores, etc.
2. Demanda del servicio objeto de estudio
3. Datos provenientes del diagnóstico sobre el estado actual del servicio objeto de estudio
4. Resultado de auditorías aplicadas a los procesos, resultados de los indicadores establecidos
5. Requisitos de los clientes
6. Políticas y requisitos económicos, políticos, sociales y organizacionales

### **Salidas del procedimiento**

1. Situación actual del servicio objeto de estudio
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.

### **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 ello 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 multicriterio para el diseño de las rutas permitiendo establecer prioridades.

El procedimiento general, debido a la variabilidad en los clientes que solicitan el servicio de atención a interrupciones, está diseñado no solo para ser parte del área estratégica de la empresa, sino que debe anclarse también en las funciones operativas que permitan responder a las exigencias cambiantes con un enfoque optimizador.

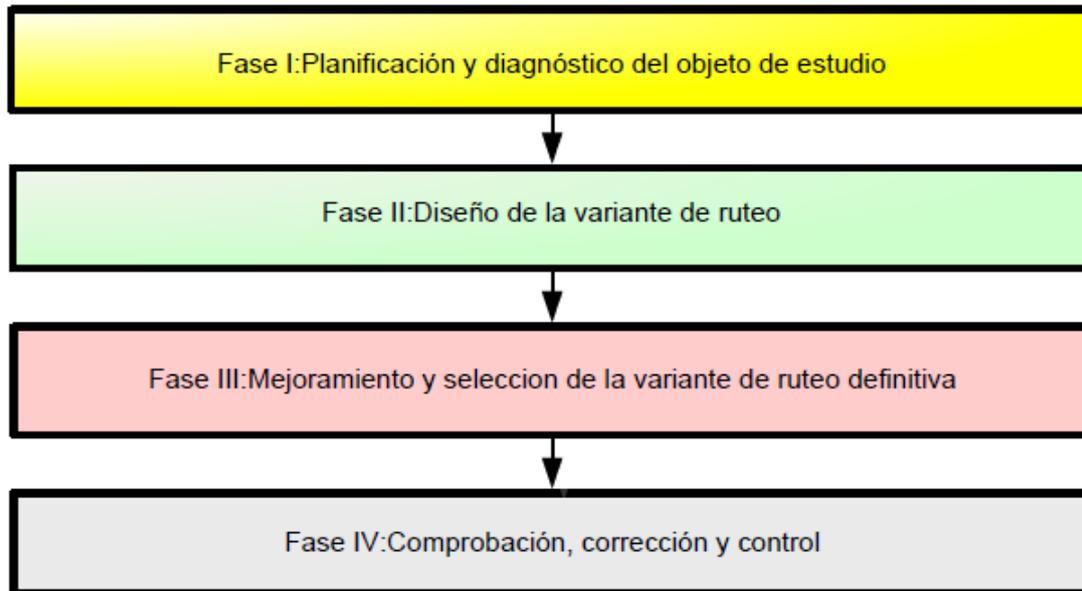
El IINDD que se propone, basado en una estructura multicriterial, deviene a su vez, una manera simple y eficaz de medir y controlar el desempeño del proceso de distribución. El mismo es flexible a ser extendido a otros procesos logísticos de las cadenas de la empresa.

### **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 los servicios de distribución o aquella parte de estos que se proceda a analizar.
3. Integra tendencias y clasificaciones recientes del ruteo de vehículos en un procedimiento con un carácter generalizador.
4. Elabora y emplea un procedimiento específico de que permite determinar el NSC y el IINDD.

El procedimiento general se ha estructurado en cuatro grandes fases y 31 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. A continuación se describen cada una de las fases y etapas del procedimiento general propuesto en detalle, véase figura 2.1



**Figura 2.1. Procedimiento general manifiesto en fases.**

### **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 del caso objeto de estudio práctico seleccionado 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. Pudiesen considerarse entre ellos el diagnóstico del servicio de atención a interrupciones como vía de conformar bancos de problemas para su posterior enriquecimiento y validación, el diseño multicriterio de rutas de distribución o de los procesos empresariales o logísticos, la determinación de las capacidades de los procesos logísticos, entre muchos otros que bien pudiesen tributar a otras investigaciones.

#### **Etapas 2: Selección del área de distribución objeto de estudio**

El tema de la selección del área objeto de estudio es primordial, ya que en ella se aplicará el procedimiento para el ruteo, para esto 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 podría después trabajar en el diagnóstico del servicio de distribución en el área seleccionada. La expresión para el cálculo del número “n” de expertos es la 5.1

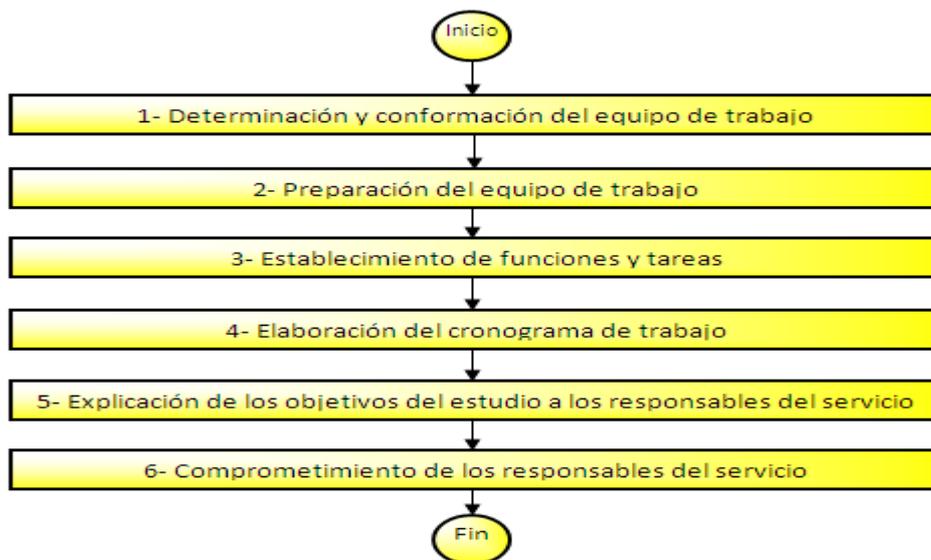
del anexo 5. El autor considera además de suma importancia considerar los tres aspectos que se señalan en el paso primero del Procedimiento Básico del Estudio del Trabajo, (PBET), referidos al aspecto técnico, humano y económico, véase OIT [1994].

**Etapa 3: Determinación de la demanda del servicio**

En esta etapa, a partir del análisis de la demanda diaria del servicio, se pueden definir las interrupciones pertenecientes al área de distribución seleccionada en la etapa anterior del procedimiento.

**Etapa 4: 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. 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 los pasos a seguir en la etapa.



**Figura 2.2. Procedimiento específico para la preparación del estudio.**  
**Fuente: Ruiz Moreno [2009].**

**Etapa 5: diagnóstico del servicio de distribución objeto de estudio**

Esta etapa tiene particular importancia, no sólo por revelar los problemas que afectan la gestión de los procesos logísticos, 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.

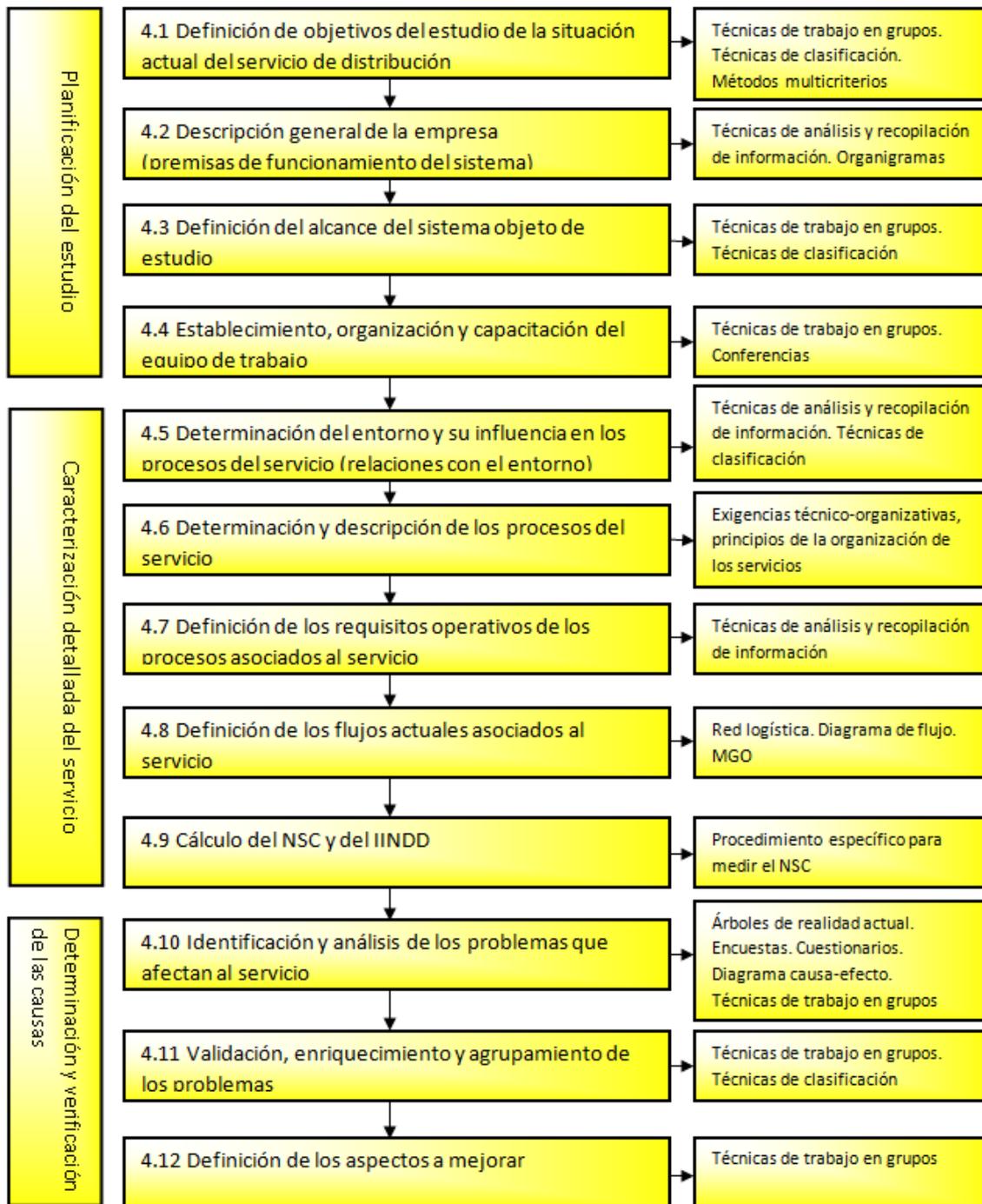
Para darle cumplimiento a esta etapa, el autor de esta investigación, propone un **Procedimiento específico para el diagnóstico**, mostrado en la figura 2.3. El mismo ha sido tomado de Ruiz Moreno [2009] y los aportes realizados al procedimiento se sustentan de un método de cálculo para el IINDD propuesto 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 los servicios de atención a interrupciones de Red Abonado, 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 manera muy general de la empresa y el servicio a analizar, sirve de antesala para la etapa 3 que se basa en delimitar finalmente que parte o área de ruteo se empleará como objeto de estudio dentro del servicio analizado, 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 de suma importancia tomar en cuenta para la selección, como 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 mejora de los indicadores asociados al servicio.

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 asociada al servicio como un todo y sus componentes o la empresa y sus procesos, comenzando por las relaciones con el entorno, especificando impacto social y oportunidades que se le presenta por su localización y características de los servicios, sigue el subsistema de aprovisionamiento donde deben ser analizados la gestión del transporte, de los proveedores, gestión de inventarios y materias primas.

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 de los diferentes elementos utilizados en los servicios, se deben analizar además, los flujos material, informativo y financiero en la cadena así como su integración.

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 IINDD, con la idea de marcar un antes y un después, como es el caso del NSC.



**Figura 2.3. Procedimiento específico para el diagnóstico.**  
Fuente: Ruiz Moreno [2009].

Finalmente en la Fase III, se identifican los problemas que afectan la gestión del servicio, 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 el servicio y sus procesos asociados.

### **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 y 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, 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, 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  $V_0$  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.

### **Tabla 2.1. Escala para la evaluación del valor $t_m$ medido**

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) ( $t_0$ ), entonces se medirá el tiempo real del objeto de estudio

(tm) y la puntuación se asignará en función de la tabla 2.1 propuesta por Conejero González [2007].

	<b>Puntuación</b>
$T_m \leq t_o$ (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
$T_o$ (3) $< t_m \leq t_o$ (5)	1
$T_o$ (5) $< t_m$	0

**Fuente: Conejero González [2007].**

### **Fiabilidad**

Fiabilidad del servicio (F): Son las veces que se reciben los servicios completos y con calidad, de acuerdo a las especificaciones de la solicitud.

Se mide en porcentaje (%), relacionando los servicios prestados correctamente contra el total de los servicios ofrecidos. La tabla de evaluación es la 2.2.

**Tabla 2.2. Escala para la evaluación del valor F medido**

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

**Fuente: Conejero González [2007].**

### **Disponibilidad**

Es la probabilidad de que los servicios solicitados estén disponibles para ser brindados. Se expresa en porcentaje. Puede también asumirse como la probabilidad de encontrar los servicios deseados.

Se miden las veces que los servicios solicitados en el último período (mes, bimestre, trimestre, etc.) no pudieron ser atendidos, los criterios de selección se muestran en la tabla 2.3.

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

**Tabla 2.3. Escala para la evaluación del valor D medido**

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

**Fuente: Conejero González [2007].**

### **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.

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**

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

**Fuente: Conejero González [2007].**

### **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.

**Tabla 2.5. Escala para la evaluación del valor Tm medido**

	<b>Puntuación</b>
$Tm \leq to (1.1)$	5
$(1.1) to < tm \leq to (1.5)$	4
$(1.5) to < tm \leq to (2)$	3
$To (2) < tm \leq to (3)$	2
$Ti (3.5) < tm \leq to (5)$	1
$Ti (5) < tm$	0

**Fuente: Conejero González [2007].**

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 ti, el tiempo real medido se representa como tm.

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 de manera manual o 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 5.

### **Indicador Integral del Nivel de Desempeño de la Distribución (IINDD)**

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 6 de la presente investigación y pueden variar en dependencia de los objetos de estudio, éstos

conforman en su conjunto el IINDD que se encarga de medir el estado de la distribución del servicio con base esencial en el diseño multicriterio de las rutas. Se han querido comentar algunos términos:

1. 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.
2. Envíos: Se entiende por envío el llevar productos a cada cliente (100 clientes = 100 envíos)
3. Número total de horas trabajadas: Está 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.
4. Problemas en la distribución: Estos pudiesen venir dados por retrasos en la misma y su vínculo 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.
5. 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.
6. 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 IINDD se plantea como procedimiento de cálculo el siguiente:

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

### **Determinación de las dimensiones e indicadores que componen el IINDD**

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 6 como determinantes o de peso en el término nivel de desempeño utilizado para el indicador. 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 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  $k=1, p$  y  $r=1, c$ , 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.

Las dimensiones son:

1. Costos en la distribución
2. Utilización de las capacidades en la distribución
3. Fiabilidad en la distribución
4. Tiempo 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**

Sébase que a modo de homogenización el cociente de Erk 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.

**Cuadro 2.1. Expresiones para la determinación del Indicador Integral del Nivel de Desempeño de la Distribución**

$$IINDD = SPC / CM \quad (2.1)$$

$$SPC = \sum_r W_r * C_r \quad r = 1(\wedge)c \quad (2.2)$$

$$CM = \sum_r W_r \quad r = 1(\wedge)c \quad (2.3)$$

pero  $\sum_r W_r = 1 \quad r = 1(\wedge)c$ , por lo tanto:  $CM = 1$  (2.4)

$$C_r = \sum_k W_{rk} * \left( \frac{E_{rk-pr\acute{a}ctico}}{E_{rk-te\acute{o}rico}} \right) \quad r = 1(\wedge)c \text{ y } k = 1(\wedge)n \quad (2.5)$$

Donde:

IINDD – Indicador Integral del Nivel de Desempeño de la Distribución

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  $r$

$E_{rk-pr\acute{a}ctico}$  – Evaluación real del indicador  $k$  correspondiente a la dimensión  $r$

$E_{rk-te\acute{o}rico}$  – 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  $j$

**Fuente: Marrero Delgado [2001], Knudsen González [2005] & Torres Guirola [2007]**

### **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, 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 del servicio de distribución en cuestión.

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

Esta fase, incluye 21 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**

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.

#### **Etapas 7: 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, 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 clientes, entre otras, para cada una de estas existen algunas métricas también plasmadas en el capítulo 1.

#### **Etapas 8: Clasificación del problema**

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.

#### **Etapas 9: 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 10: Especificación de las 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 restricciones han de estar referidas a las fechas de entrega, a los horarios de arribo a los clientes en conjugación con la calidad del servicio, a la capacidad de los medios en conjugación con la demanda, a las ventanas de tiempo.

Séparse que a pesar del 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.

### **Etapa 11: Sectorización de clientes**

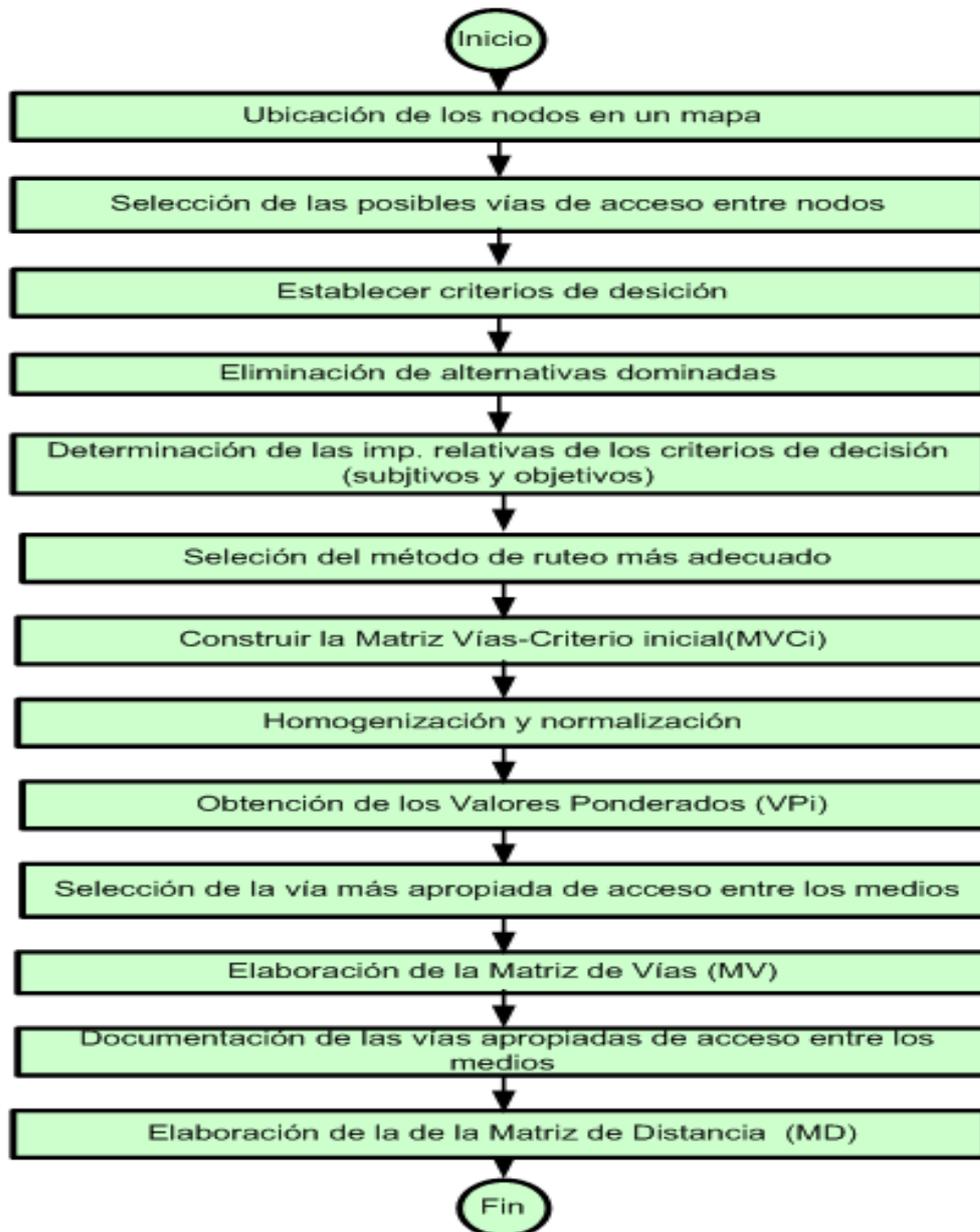
En los diferentes grupos de clientes pudiesen coexistir sectores de distribución diferentes, entendiéndose por sector de distribución o bien zonas geográficas o tipo de movimiento a brindar o la combinación de estos, esta clasificación dependerá de la decisión del investigador. Para ello se procederá 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.

### **Etapa 12: 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 clientes de la red. Es importante aclarar que el camino mejor entre clientes será aquel, que de acuerdo a un conjunto de criterios. 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 2.4 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.

### **Etapa 13: 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 del autor 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 13 hasta la 18 se reiterarían. 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 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 2.4 Procedimiento específico para selección de vías como base a la elaboración de las matrices de vías y distancia. Fuente: Ruiz Moreno [2009]**

#### **Etapa 14: 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  $r = 1, c$ . Véanse expresiones 5.4, 5.5, 5.6. y 5.7 del anexo 5.

### **Etapa 15: Construcción de la matriz inicial de nodos/clientes -criterios (MNCi)**

Se plasma en una matriz (MNCi), donde  $i = \overline{1, m}$ , los valores de cada uno de los 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  $NC_{l,r}$ .

### **Etapa 16: 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 5.2, 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 5.3, 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 17: 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 5.8.

### **Etapa 18: 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 MNCi, para con ello dejar de tomar en cuenta al CD como punto de partida.

### **Etapas 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 y 26: Análisis de la existencia de rutas únicas**

En caso de existencia de clientes con demanda igual o mayor a lo que puede asumir el Grupo de Trabajo de Mayor Capacidad (GTMC) en la empresa ( $D \geq GTMC$ ), se procede a formar las denominadas rutas únicas o unitarias de demanda equivalente a la capacidad del grupo ( $D = GTMC$ ).

En estos casos es conveniente hacer particiones (s) de la demanda en función de la GTMC. Si parte de la demanda de ruta única no puede ser satisfecha al cabo de una cierta partición s y existe tiempo en el grupo de trabajo de mayor capacidad, pasará a ser el inicial de la ruta próxima a formar, esto implica que no se actualice la matriz para acceder nuevamente a él, una vez satisfecha su demanda se actualiza la MNCi 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 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 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 devienen lo de mayor impacto en el logro de los objetivos del estudio.

#### **Etapa 27: Búsqueda local de soluciones alternativas**

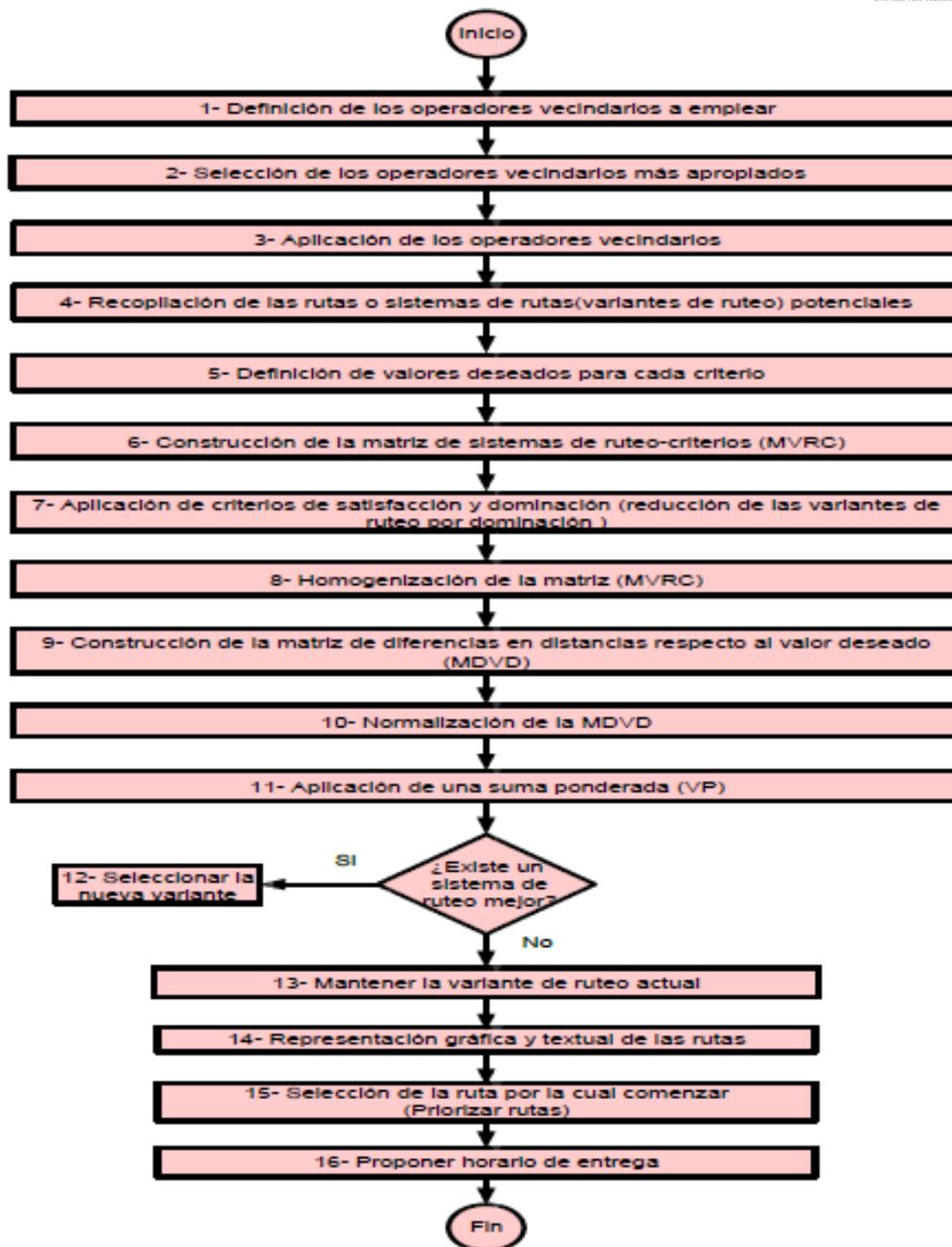
Sucedee que la mayoría de los algoritmos heurísticos o metaheurísticos para la solución del VRP, constan de una fase en la cual se procede, en búsqueda de la ruptura de los óptimos locales en los que comúnmente se estanca la solución, a la búsqueda local de soluciones alternativas. Para estos fines se presenta un **Procedimiento específico para la búsqueda local de soluciones alternativas** que está concebido para superar estas insuficiencias y que garantiza que se mantenga el enfoque multicriterio en todas las propuestas obtenidas; en la figura 2.5 se puede apreciar dicho procedimiento y a continuación se describen sus etapas.

#### **Etapa 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 **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.

#### **Etapa 2: Selección de los operadores vecindarios más apropiados**

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 reducidos, 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.



**Figura 2.5. Procedimiento específico para la búsqueda local de soluciones alternativas. Fuente: Ruiz Moreno [2009]**

### **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 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 variante 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 trabajarán en él.

#### **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 IINDD.

### **2.3.4. Fase IV del procedimiento general: Comprobación, corrección y control**

#### **Etapa 28: elaboración de un Cronograma de implantación. Capacitación del personal**

Para su ejecución se deben 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 tope 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.

### **Etapa 29: 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.

### **Etapa 30: Recálculo del NSC y el IINDD**

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 del servicio, 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

### **Etapa 31: 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.

## **Capítulo 3. Resultados de la aplicación parcial de los instrumentos propuestos.**

### **3.1. Introducción**

En dicho capítulo se exponen algunos de los resultados obtenidos luego de la aplicación parcial del procedimiento general para el diseño de rutas de distribución para los servicios de ETECSA. Con ello se contribuye a demostrar la viabilidad y validez del instrumental metodológico propuesto en el intento de, (1) revelar el estado actual del servicio midiendo el NSC y un conjunto de *KPI* que componen el IINDD propuesto, (2) diseñar las rutas de distribución en la División Territorial de ETECSA Sancti Spiritus a partir de las matrices de vías y distancias.

### **3.2. Aplicación del Procedimiento general para el diseño de rutas en el servicio de atención a interrupciones de los clientes**

La aplicación parcial del procedimiento general y los procedimientos específicos en el caso de estudio para, a través del diseño multicriterio de las rutas de distribución para lograr posibles mejoras en los *KPI* utilizados en el IINDD, además de elevar el NSC.

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

##### **Etapas 1: Definición de los objetivos de trabajo**

Teniendo en cuenta la situación actual de la distribución en la División Territorial de ETECSA Sancti Spiritus, están orientados a resolver el problema científico de la investigación y se enmarcan primeramente en:

- Seleccionar el servicio que será objeto del estudio según el nivel de importancia que posea.
- Realizar un diagnóstico donde se detecten los problemas existentes, poder conocer cómo afectan dichos problemas el desempeño del mismo y cómo atentan contra un buen NSC.
- Diseñar las rutas de distribución del servicio seleccionado.

Esto conllevaría a poder actuar en consecuencia, aplicando el instrumental metodológico propuesto en el capítulo 2 y darles solución de una manera más específica los objetivos estuvieron enfocados al diseño multicriterio de las rutas de distribución, por la repercusión de las mismas en el NSC y el IINDD propuesto.

##### **Etapas 2: Preparación del estudio**

En la investigación, se realizaron reuniones con los trabajadores de la empresa que conformarían el equipo de trabajo, para realizar una capacitación a grandes rasgos sobre la importancia de la misma para la empresa y las características del instrumental metodológico a aplicar en toda la investigación, logrando el compromiso, el entendimiento de los miembros y el consenso sobre la necesidad, alcance y finalidad del estudio. Tomando una proporción de errores a tolerar por los expertos de un 2%, un nivel de precisión del 10% y un nivel de confianza del 95% con una constante  $k= 3.8416$ , para este nivel de confianza se obtiene, resultado que se mantienen para el resto de las etapas de la investigación en que se precise, que el equipo de estudio queda conformado por  $7.52 \approx 8$  expertos capacitados. El autor de la investigación se reunió con ellos, en cada caso para explicarles la importancia del diagnóstico,

ya que este proporcionaría los datos necesarios para poder detectar los problemas existentes en los procesos asociados al servicio y poder trabajar en sus soluciones en estudios futuros. Además se les explicó que con el estudio se podría elevar el NSC y todos los beneficios que de ello se derivaría. Se les mencionaron algunas técnicas que iban a ser utilizadas y que ayudarían a una fácil y válida obtención de la información. Se determinó el coeficiente de competencia de cada uno de ellos mediante la aplicación de los pasos definidos por Hurtado de Mendoza [2003] que se muestran en el anexo 9, los resultados pueden ser encontrados en el anexo 10.

### **Etapas 3: Determinación de la demanda del servicio**

En esta etapa se selecciona la demanda de un día de trabajo (se toma un día de forma aleatoria) para definir los clientes a atender en el área seleccionada. La demanda está formada por los reportes iniciales recibidos el día anterior y los servicios pendientes de atención. Las solicitudes de servicios se agrupan según el área de distribución a la que pertenecen.

### **Etapas 4: Selección del área de distribución objeto de estudio**

El centro de la ciudad fue la escogida para trazar las rutas de distribución de un día de trabajo. Esta área comprende diferentes instituciones de interés social, que le confieren una importancia notoria al mantenimiento de un buen servicio de telecomunicación y es una de las zonas de mayor demanda de los servicios de reparación.

### **Etapas 5: Diagnóstico del servicio de distribución objeto de estudio**

Como se plantea en el procedimiento específico para el diagnóstico del servicio de atención a interrupciones, detallado en el Capítulo 2 de esta investigación, (figura 2.3), se ejecutan tres fases: planificación del estudio, caracterización detallada del servicio y determinación y verificación de la causas.

## **Fases del procedimiento específico de diagnóstico**

### **Fase 1 (Etapas 1, 2, 3, 4)**

Los objetivos del estudio, como etapa 1 del procedimiento de diagnóstico están centrados en determinar el estado actual del servicio de distribución analizado, dando mayor peso entre ellos a los asociados al proceso de distribución y en especial al ruteo de vehículos.

La Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A. (ETECSA) Sancti Spiritus situada en Bartolomé Maso # 167, es una organización que tiene como **objeto social** la prestación de los servicios públicos de telecomunicaciones mediante la proyección, operación, instalación, explotación, comercialización y mantenimiento de redes públicas de telecomunicaciones en todo el territorio.

Tiene la **misión** de dar una gestión efectiva que permita brindar servicios de telecomunicaciones que satisfagan las necesidades de los usuarios y la población, así como respaldar los requerimientos de la defensa y del desarrollo socio-económico del país con resultados económicos que de la empresa demanda y espera el Estado cubano.

Su **visión** es ser una empresa en constante transformación, comprometida con la Revolución y la defensa de la patria, siempre orientada a la satisfacción de las necesidades de telecomunicaciones de nuestro pueblo y nuestros usuarios. Con una reconocida responsabilidad social, que se manifiesta en el desempeño

de sus trabajadores que descansa en los valores empresariales: profesionalidad, integridad moral, sentido de pertenencia, cohesión, cultura de servicio, solidaridad y altruismo.

El área de Desarrollo y operaciones de la red, ver su estructura organizativa en el anexo 11, tiene subordinado el área de la operación de las redes de telecomunicaciones de la planta exterior, que es la encargada de brindar el servicio de distribución. Éste, con sus implicaciones en el ruteo de vehículos y la distribución de medios, materiales y fuerza de trabajo en sentido general, es uno de los más significativos en cuanto a la complejidad e impacto dentro del indicador Calidad del servicio en el Centro de telecomunicaciones principal Sancti Spiritus, ver su estructura organizativa en el anexo 12, con una significativa concentración de clientes por extensión geográfica, lo que por consiguiente implica que existan grandes cantidades de rutas y gran cantidad de clientes a atender.

Para una mejor distribución del servicio, la ciudad de Sancti Spíritus se dividió en siete áreas que son atendidas por un total de ocho parejas de reparadores. En dicha investigación trabajaremos con una pequeña parte de una sola área. Los reparadores ejecutan las tareas siguientes dentro del servicio de atención a interrupciones de los clientes:

- Reportes iniciales (reclamos de los clientes de alguna afectación de los servicios)
- Quejas (inconformidades de los clientes, comerciales o técnicas)
- Mantenimientos planificados o preventivos
- Ordenes de servicio (emitidas por el área comercial fundamentalmente)

La empresa tiene como clientes las entidades estatales y el sector particular, que es el más numeroso y el que demanda con mayor frecuencia el servicio. Para el establecimiento, organización y capacitación del equipo de estudio se determinó el número de expertos necesarios, para ello se utilizó la expresión 5.1 del anexo 5. En la selección del equipo de trabajo se tuvo en cuenta una serie de aspectos cualitativos como son el conocimiento, experiencia, imparcialidad y grado de comprometimiento con la actividad que se desarrollaría.

## **Fase 2 (Etapas 5, 6, 7, 8 y 9)**

ETECSA es la única empresa que brinda servicios de telecomunicaciones en el país, permitiéndole explotar un mercado sin competencia. A pesar del dominio ejercido en esta esfera, la empresa mantiene el compromiso de ofertar un servicio de calidad, que satisfaga las exigencias de los clientes. El servicio de atención a interrupciones de los clientes es uno de los más demandados y tiene una repercusión directa sobre el indicador de NSC. El servicio está apoyado por una infraestructura que permite hacerle frente a etapas pico de la demanda, como las temporadas lluviosas. Los clientes reportan los problemas a través del Servicio de Reparaciones (114). Aunque existen algunos problemas en los procesos asociados al servicio, señalados en diferentes fases de este estudio, de manera general la empresa logra interactuar satisfactoriamente con el entorno y da respuesta a todos los reportes recibidos. El servicio brindado incluye un procedimiento de logística inversa que garantiza el retorno de los elementos que se desechan, para repararlos e integrarlos al

almacén del Centro de telecomunicaciones Sancti Spíritus, los que no tienen utilidad se envían a la Empresa provincial de materias primas para su reciclaje.

### **Análisis del subsistema de aprovisionamiento**

El aprovisionamiento de los materiales necesarios para brindar el servicio (Cajas conectoras RJ11, Cordones de líneas y helicoidal, Conectores Machos RJ7 y RJ11, Bajante Telefónico, Montaje Interior, Mondragón. Eureka y teléfonos) los materiales recibidos directamente de los almacenes nacionales hacia los almacenes centrales de la Dirección territorial de Sancti Spíritus y luego se transfiere según las solicitudes mensuales al almacén del Centro de telecomunicaciones de Sancti Spíritus, donde es almacenada de acuerdo a las especificaciones requeridas por cada producto.

### **Análisis del subsistema de distribución**

Los materiales, una vez almacenados, cada una las parejas de reparadores reciben los materiales del almacén del Centro de telecomunicaciones de Santi Spíritus. Para la distribución se cuenta con vehículos con las condiciones necesarias para transportar los materiales a utilizar y con personal capacitado para la correcta ejecución del proceso. La demanda de los servicios de reparación nunca exceden la capacidad de los vehículos en términos de carga a transportar, por las características de los materiales, son ligeros y de pequeño tamaño. Existe un déficit de medios de transporte que implica una sobreexplotación de los medios y fuerzas de trabajo, y en muchas ocasiones el tiempo no es suficiente para cubrir la demanda del servicio, lo que conlleva a retrasos en la atención de las interrupciones, quejas y consecuentemente la afectación del NSC.

El incorrecto funcionamiento de estos factores unidos a otros como la toma de decisiones empírica, el subjetivismo, el estado de deterioro de algunos medios y la carencia de un itinerario técnicamente fundamentado son los que provocan los problemas que existen actualmente en la distribución del servicio, unido a que la distribución, en muchas ocasiones, se retrasa debido a la falta de materiales.

### **Análisis de los flujos actuales asociados al servicio**

#### **Flujo de materiales**

Las materias primas y materiales necesarios para el servicio de atención a interrupciones son suministradas por el proveedor mencionado anteriormente a la Dirección territorial de ETECSA Sancti Spíritus y esta entidad regula su entrega a los reparadores que las utilizarán en el proceso de reparación. Los materiales de desecho retornan a la empresa cumpliendo con el procedimiento mencionado anteriormente.

#### **Flujo financiero**

La gran mayoría de los servicios brindados por los reparadores son gratuitos, solo se cobran los relacionados con la instalación de nuevos servicios. Los clientes del sector particular realizan el pago cuando les llega su factura telefónica en efectivo y las entidades estatales lo realizan mediante cheques o transacciones bancarias. El departamento Comercial de ETECSA es el encargado de gestionar los ingresos. Este dinero se integra a las ganancias de la empresa por lo que tributa al salario de los trabajadores, sus estímulos y contribuye a los ingresos del estado.

### Flujo informativo

La solicitud del suministro de materias primas y materiales al proveedor se realiza de manera mensual, a partir del pedido realizado por el jefe logístico del almacén del Centro de telecomunicaciones Sancti Spiritus. El proveedor hace la factura de precio del suministro y la envía a la Dirección territorial, ésta la envía posteriormente al Departamento de finanzas.

### Determinación del NSC

La satisfacción del cliente es el objetivo fundamental de ETECSA como empresa de servicios y aunque las relaciones con ellos gozan de buena salud, propiciada por una constante interacción y la creación de diferentes servicios de atención, no existe en la entidad un patrón o una serie de indicadores que permitan medir el NSC. La satisfacción del cliente se percibe solo a través del índice de quejas por retrasos en el servicio. Los servicios generalmente tienen la calidad requerida, pero en ocasiones existen problemas en la hora de su ejecución lo que ocasiona insatisfacciones en los clientes.

Para determinar el número de expertos, que determinarán los elementos que influyen en el NSC, se realiza el cálculo con la expresión 5.1 ya citada, el equipo multidisciplinario de trabajo quedó conformado por 8 expertos que se escogieron teniendo en cuenta los coeficientes de competencias de cada uno de ellos, ver anexo 10.

Los mismos después de emitir sus consideraciones, 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, los que se relacionan a continuación:

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

**Tabla 3.1. Matriz de rangos**

Criterios \ Expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	$\sum_{ij} a_{ij}$	Wi	D	D2
Ciclo pedido-entrega	5	5	4	5	5	5	4	5	38	0.32	14	192
Fiabilidad	3	4	5	3	4	3	5	4	31	0.26	7	49
Disponibilidad	4	3	3	4	3	4	3	3	27	0.22	3	9
Atención a reclamaciones	2	1	2	1	1	1	2	2	12	0.10	-12	144
Información sobre el pedido	1	2	1	2	2	2	1	1	12	0.10	-12	144
<b>Total</b>									<b>120</b>	<b>1.00</b>		<b>542</b>

### Determinación de los pesos por elementos

Para determinar la concordancia en los juicios emitidos por los expertos se construyó la tabla 3.1, conocida como matriz de rangos, con el resultado de la evaluación de los expertos. Estableciendo una puntuación de 1 a 5 donde 5 es el más importante y 1 el menos importante.

De manera general, en toda la investigación, se procede de la manera siguiente para probar si existe concordancia entre los expertos:

Planteamiento de hipótesis:

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

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

El resultado arrojado del CTSS aplicando la prueba de Kendall:

$W = 0.846875 > 0,50$  Aceptable

Cumplimiento de la Región Crítica:

Región Crítica: Si  $S$  calculado  $\geq$  STAB, la hipótesis nula se rechaza

$S$  tabulado (182.7)  $<$   $S$  calculado (542)

Se cumple la Región crítica, se rechaza la Hipótesis nula; por lo tanto hay concordancia en las opiniones emitidas por los expertos.

Al seguir el procedimiento detallado para la definición de los valores óptimos, se realizó un promedio de los valores emitidos por cada experto para cada elemento en la tabla 3.2, obteniéndose los resultados que aparecen en la tabla 3.3. En caso del promedio no ser un número entero como es el caso de todos los elementos, se redondea al valor más crítico, en esta misma tabla aparecen además los valores medidos de cada elemento.

**Tabla 3.2. 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
<b>Criterios</b>									
Ciclo pedido-entrega	26	25	22	23	24	24	22	24	24
Fiabilidad	99	96	99	98	98	97	98	98	98
Disponibilidad	96	95	95	96	94	95	94	94	95
Atención a reclamaciones	98	99	98	97	98	98	99	97	98
Información sobre el pedido	99	97	98	98	97	99	99	98	98

**Tabla 3.3. Valores óptimos según la opinión de los expertos y valores medidos**

Elementos	Valores Óptimos	Valores Actuales
Ciclo pedido-entrega	24	42
Fiabilidad	98	94
Disponibilidad	95	88
Atención a reclamaciones	98	97
Información sobre el pedido	98	90

**Fuente: Elaboración propia a partir de la opinión de los expertos y resultados del diagnóstico.**

**Medir el estado de cada elemento basado en la escala de valores**

Se ha decidido para la presente investigación utilizar los rangos, en que se ha de mover cada criterio, ya expuestos por Conejero González [2007].

Los expertos evaluaron subjetivamente cada criterio, ya que se carecía de mecanismos para realizar la medición. Promediando los valores de estos para los servicios brindados en el área seleccionada y luego de darles las

puntuaciones correspondientes como se detalla en el capítulo II, se obtuvieron los resultados reflejados en la tabla 3.4. Las tablas con estos intervalos están referenciadas en el capítulo 2 de la presente investigación.

**Tabla 3.4. Resultado de la Evaluación del Nivel de Servicio al Cliente**

Elementos	Peso (Wi)	1	2	3	4	5	Ponderación
Ciclo pedido-entrega	0.32			x			0.96
Fiabilidad	0.26				x		1.04
Disponibilidad	0.22				x		0.88
Atención a reclamaciones	0.10					x	0.5
Información sobre el pedido	0.10				x		0.4
Total	<b>1.00</b>						<b>3.78</b>

$$\text{NSC} = (3.78 / 5) = 0.756 * 100 = 75.6 \%$$

El valor de 75.6 % es considerado regular, debido a que los expertos llegaron al consenso, basándose en las imperfecciones que existen en la distribución, en la cadena asociada al servicio en general y en el comportamiento histórico de algunos indicadores, sumado a experiencias de otros servicios similares, de que valores por encima del 95 % serían muy buenos, entre 85-95 % serían considerados buenos, valores menores que 85 % y hasta un 70 %, regulares y por debajo de estas cifras malos. Este valor 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.

### Determinación de los indicadores por dimensión

Las expresiones de cálculo para la determinación de los *KPI* utilizados en el IINDD en toda la investigación, podrán ser consultadas en el anexo 6.

### Cálculo del IINDD

$$\text{IINDD} = (0.2900 * 0.9190) + (0.1700 * 0.8770) + (0.2900 * 0.657) + (0.2500 * 0.9280)$$

$$\text{IINDD} = 0.8380 = 83.80 \%$$

Para el cálculo del IINDD se utilizaron las expresiones del Cuadro 2.1 del Capítulo 2, obteniéndose como resultado un valor del IINDD = 83.80 % que según la escala determinada por los expertos es regular. Los resultados del cálculo de los *KPI* pueden ser vistos en el anexo 13 de la presente investigación, así como los pesos de los mismos se muestran en el anexo 14.

### Fase 3 (Etapas 10, 11 y 12)

Al realizar un análisis de los procesos asociados al servicio objeto de estudio fueron detectados por el equipo de trabajo implicado, algunos problemas que imposibilitan el buen funcionamiento del mismo, tales como:

- El único proveedor de los materiales fundamentales utilizados en el servicio es la Dirección nacional de ETECSA radicada en La Habana, esto dificulta la gestión de estos elementos esenciales y limita la posibilidad de la Dirección territorial de poder seleccionar y evaluar otros proveedores.

- Existen imprecisiones en la planificación del suministro de materiales, lo que da la carencia de los mismos y su repercusión en el atraso de los servicios.
- Los medios de transporte, tanto para la distribución como para el aprovisionamiento presentan un estado técnico regular y son insuficientes para llevar a cabo estas actividades en el tiempo necesario.
- Los vehículos no tienen definido técnicamente un itinerario para la distribución del servicio, ocasionando demoras innecesarias.

### **3.2.2. Fase II del procedimiento general: Diseño del sistema de ruteo**

Esta fase, incluye 21 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**

Para esta fase se trabajara con los mismos expertos seleccionados en la fase I.

#### **Etapa 7 y 8: Análisis de la complejidad computacional del problema**

La complejidad computacional del caso objeto de estudio práctico seleccionado, siendo establecido en el capítulo 1, a lo cual se le debe sumar el análisis de métricas asociadas a las ventanas de tiempo y su amplitud, al número de clientes, a no linealidades, etc., resultó ser de alta complejidad computacional. 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.

#### **Etapa 9: 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 distribuye un servicio de gran impacto social, político y económico. La toma de decisiones multicriterio impone además, una ventaja competitiva que si bien no es necesaria para el servicio estudiado por ser ofertado solo por esta empresa, deviene sin dudas incrementos en el NSC y mejoramiento en el desempeño de la distribución.

#### **Etapa 10: Especificación de las restricciones para el ruteo**

Para el servicio de distribución es necesario tener en cuenta la restricción de área existente, los clientes a atender tienen que estar localizados dentro de la región seleccionada para el estudio. Esto implica una restricción en las vías a utilizar. También existen limitaciones de recursos, medios y fuerza de trabajo y en la información que brinda el cliente sobre la rotura o interrupción en su servicio telefónico.

#### **Etapa 11: Sectorización de clientes**

La Dirección territorial de ETECSA tiene todos los clientes de Sancti Spíritus sectorizados en 7 áreas para la distribución del servicio. En el presente estudio se tomó como una muestra la zona centro de la ciudad.

### **Etapa 12: Selección de vías como base a la elaboración de las matrices de vías y distancia**

Dentro del área seleccionada los servicios a atender deberá ser ubicada correspondiente, determinando que este sea un destino a cubrir en la ruta de ese día de trabajo. Para realizar este estudio, teniendo en cuenta las limitaciones de tiempo, se decidió, de manera experimental, analizar la demanda para un día de trabajo, y confeccionar las matrices de vías y distancias.

La matriz de vías se obtuvo a través de la utilización de mapas informáticos como **MapInfo Professional 8.5**, que sirvieron para la generación de las alternativas posibles y la medición y registro de las cuadras, nombres de las calles y distancias por carreteras y calles, la matriz de distancias se ha derivado de ella, ver anexo 16.

### **Etapa 13: Definición de los criterios de decisión**

Los criterios de decisión, tanto para la selección de las mejores vías como para la conformación de las rutas, se obtuvieron, teniendo en cuenta los criterios de los expertos, mediante una tormenta de ideas, donde se plantearon un conjunto de estos, los cuales fueron analizados por el grupo de trabajo, hasta determinar con total consenso, que los criterios para las vías y las rutas serían los presentados en la tabla 3.4.

**Tabla 3.4. Criterios de decisión para la selección de vías y ruta**

<b>Criterios de Vías</b>	<b>Criterios para la conformación de Rutas</b>
Velocidad de operación	Distancia
Distancia	Tipo de Cliente
Calidad de la vía	Tareas a ejecutar
Tráfico	

**Fuente: Elaboración propia según consenso de los expertos.**

Algunos de estos criterios como es el caso de Calidad de la vía y Tráfico tuvieron que ser transformados de una escala cualitativa en la que fueron obtenidos (excelente, muy bien, bien, regular, mal), a 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. En el caso de los restantes criterios se siguió igual procedimiento en cuanto a las escalas, dependiendo el valor más favorable para cada caso, del sentido de optimalidad del criterio.

Algunos términos son comentados a continuación:

1. Calidad de la vía: estado en que se encuentran éstas para la circulación de vehículos por ella.
2. Tráfico: es una medida del promedio de vehículos que circulan en las vías pertinentes.
3. 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.
4. Ruta única: es aquella ruta conformada por un único cliente el cual excede en demanda al vehículo disponible de mayor capacidad.

5. Tipo de cliente: está referido a la prioridad establecida por la empresa en relación a los clientes que demandan el servicio ver en la tabla 3.5.

**Tabla 3.5. Nivel de prioridad de los clientes**

Nivel de Prioridad de los clientes		
Primera prioridad	Segunda prioridad	Tercera prioridad
Servicios de Mando (gobierno, defensa, bomberos, MININT, etcétera)	Servicios de urgencias médicas (hospitales)	Otras entidades en divisa y propietarios particulares

**Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del diagnóstico.**

6. Tareas a ejecutar: se refiere a la prioridad establecida por la empresa en relación a las diferentes tareas que se ejecutan dentro del servicio ver en la tabla 3.6.

**Tabla 3.6. Nivel de prioridad del servicio**

Nivel de prioridad del servicio	
Primera prioridad	Quejas
Segunda prioridad	RI (reclamos de los clientes de alguna afectación de los servicios)
Tercera prioridad	Ordenes de servicio (emitidas por el área comercial fundamentalmente)
Cuarta prioridad	Mantenimientos planificados o preventivos

**Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del diagnóstico.**

#### **Etapas 14: 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. Los resultados se muestran en el anexo 15.

#### **Etapas 15 a la 31**

Al no construirse la matriz inicial de clientes- criterios (MNCi) debido a la complejidad, tiempo que requiere y la no existencia de un *software* profesional que ayude a la confección de la misma, no se prosiguió con la realización de las demás etapas, quedando orientadas para posteriores estudios.

## **Conclusiones generales**

1. El estudio bibliográfico realizado confirma la existencia de una amplia base conceptual sobre la Logística y sus aplicaciones, y del paradigma multicriterio como una alternativa muy útil en la solución de problemas de ruteo de vehículos.
2. El procedimiento general seleccionado, así como los procedimientos específicos que lo integran, constituyen una herramienta útil para el mejoramiento del desempeño de los procesos logísticos.
3. Se demostró la factibilidad de la aplicación de las herramientas propuestas mediante la puesta en práctica de éstas, mostrándose resultados fiables en los cálculos del IINDD y del NSC, en la confección de las matrices de vías y distancias y en el nivel de detalle logrado con el diagnóstico, comprobándose que el problema fundamental que presenta el servicio seleccionado es la ineficiencia en el ruteo de vehículos.

## Recomendaciones

1. Aplicar, en futuras investigaciones, las etapas del procedimiento general que debido a la complejidad de las mismas y al tiempo que requieren, no fueron posible desarrollar en el presente Trabajo de diploma.
2. Diseñar un software que apoye el procedimiento de diseño de rutas propuesto en la investigación, facilitando el trabajo de toma de decisiones.
3. Realizar estudios más profundos sobre los elementos de mayor peso obtenidos en la investigación a partir de estimaciones de los expertos, que influyen en el NSC, en el IINDD y en la selección de la mejor ruta.
4. Extender a otros servicios brindados por la empresa, la aplicación del procedimiento propuesto en la investigación. Además divulgar los resultados alcanzados en la investigación para lograr una posible aplicación en del procedimiento en otras empresas de su tipo.

## Bibliografía

1. Acevedo Suárez, J. A. et al. [2000]. Diagnóstico del estado de la Logística en Cuba. La Habana. I Simposio Internacional de Ingeniería Industrial y V Taller Internacional de Logística Empresarial.
2. Acevedo Suárez, J. A. et al. [2001]. Gestión de la Cadena de Suministro. Laboratorio de Logística y Gestión de la Producción (LOGESPRO). Ciudad de la Habana.
3. Alonso, S. et al. [2004]. La Metaheurística 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).
4. Arias Martín, P. [1992]. Una evaluación crítica de los métodos interactivos de programación multicriterio. Trabajos de investigación operativa. Vol.7. núm. 1.pp.173 a 193. Disponible en el sitio: [http://dmle.cindoc.csic.es/pdf/TRABAJOSDEINVESTIGACIONOPERATIVA\\_1992\\_07\\_01\\_14.pdf](http://dmle.cindoc.csic.es/pdf/TRABAJOSDEINVESTIGACIONOPERATIVA_1992_07_01_14.pdf)
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>.
6. Ballou, R. H. [1991]. La logística empresarial. Control y Planificación. Ediciones Díaz de Santos. Madrid.
7. Ballou, R. H. [2005]. Logística: Administración de la cadena de suministro. Quinta Edición. México: Pearson Educación.
8. Barba-Romero, S. & Pomerol, J.C. [1997]. Decisiones multicriterio. Fundamentos teóricos y utilización práctica. Colección de economía, Universidad de Alcalá. Madrid.
9. Barba-Romero Casillas, S. [1993]. Teoría de la decisión multicriterio: conceptos, técnicas y aplicaciones. Madrid. Alianza Editorial.
10. Catarina [2000]. Introducción. Disponible en el sitio: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/msp/castaneda\\_r\\_cy/capitulo0.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/msp/castaneda_r_cy/capitulo0.pdf).
11. Catarina [2009]. Algoritmos evolutivos. Disponible en el sitio: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/msp/castaneda\\_r\\_cy/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/msp/castaneda_r_cy/capitulo3.pdf).
12. 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.

13. Cibernetia [2009]. Heurística. Tesis doctorales. Disponible en el sitio: [http://www.cibernetia.com/tesis\\_es/MATEMATICAS/CIENCIA\\_DE\\_LOS\\_ORDE NADORES/HEURISTICA/3](http://www.cibernetia.com/tesis_es/MATEMATICAS/CIENCIA_DE_LOS_ORDE NADORES/HEURISTICA/3).
14. Colectivo de autores. [1995]. Diccionario de términos y definiciones logísticas. Ediciones del Centro Español de Logística. España.
15. Colectivo de autores. [2003]. *CLM TOOLBOX*. Ediciones del *Council of Logistic Management*. EEUU.
16. Conejero González, H. C. [2007]. El servicio al cliente, fuente de ventajas competitivas. Conferencia impartida en Farmacuba. Camagüey.
17. 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](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/risi/N1_2004/a14.pdf).
18. Cuesta Valiño, P. [2006]. Estrategias de crecimiento de las empresas de distribución comercial. Disponible en el sitio: <http://www.eumed.net/tesis/2006/pcv/index.htm>.
19. Choque Aspiazu, G. [2008]. Computación evolutiva. El Diario, La Paz. Disponible en el sitio: <http://gestionempredora.wordpress.com>.
20. Christopher, M. L. [1992]. *Logistics and Supply Chain Management. Strategy for Reducing Costs and Improving Services*. Pitman Publishing. London.
21. Díaz Parra, O. & Cruz Chávez, M. A. [2006]. El Problema del Transporte. Disponible en el sitio: <http://www.uaem.mx/posgrado/mcruz/surveykoko.pdf>.
22. Delgado Sobrino, D.R. [2009]. Procedimiento general para el diseño, implantación y control de rutas en cadenas de productos lácteos. Aplicación a la distribución de productos de la Pasteurizadora de Sancti Spiritus. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Santa Clara. *Tesis presentada en opción al grado científico de Máster en Ingeniería industrial*.
23. 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>.
24. Fitter, F. [2009]. Cuatro formas de reducir los costos de la Cadena de Suministro. Disponible en el sitio: <http://www.microsoft.com/spain/medianaempresa/businessvalue/supplychainexpenses.msp>.
25. Flament, M. [2007]. Técnicas de planificación estratégica. Métodos multicriterio. Disponible en el sitio: [http://dmle.cindoc.csic.es/pdf/TRABAJOSDEINVESTIGACIONOPERATIVA\\_1992\\_07\\_01\\_14.pdf](http://dmle.cindoc.csic.es/pdf/TRABAJOSDEINVESTIGACIONOPERATIVA_1992_07_01_14.pdf).

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>.
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>.
28. García, G. A. [2005]. Aplicación de la Heurística de *Spacefilling Curves* en Problemas de Ruteo de Vehículos (VRP). Disponible en el sitio:  
[http://columbus.uniandes.edu.co:5050/dspace/bitstream/1992/456/1/mi\\_1282.pdf](http://columbus.uniandes.edu.co:5050/dspace/bitstream/1992/456/1/mi_1282.pdf)
29. 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*.
30. Garza Ríos, R. C. [1997]. Un enfoque multicriterio al diseño de rutas de distribución. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría. Ciudad de la Habana. *Tesis para optar por el grado de máster*.
31. 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.
32. Gómez Acosta, M. I. & Acevedo Suárez, J. A. [2001(a)]. Logística moderna y la competitividad empresarial. Ed. Centro de Estudio Tecnología de Avanzada (CETA) y Laboratorio de Logística y Gestión de la Producción (LOGESPRO). Ciudad de la Habana.
33. Gómez, L. F. A. M. & Duarte, A. [1991]. Una evaluación de proyectos con múltiples criterios. *Produção*. Vol. 2, no. 1, octubre de 1991. p 5-19.
34. González González, R. et al. [1998]. Transporte: Elemento clave en la gestión logística. *Logística Aplicada* No 4. Ciudad de la Habana.
35. González Vargas, G. & González Aristizábal, F. [2007]. Metaheurísticas 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>.
36. Gutiérrez Pradera, A. M. & Santos Norton, M. L. [s/f]. Tendencias actuales de la distribución física de mercancías. Disponible en el sitio:  
<http://www.monografias.com>.

37. Hurtado de Mendoza, F. S. [2003]. “Cómo seleccionar los expertos”. Disponible en el sitio: <http://www.monografía.com>.
38. Hurtado, T. & Bruno, G. [2006]. Análisis de decisiones. Disponible en el sitio: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/Basic/toskano\\_hg/cap2.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/Basic/toskano_hg/cap2.pdf).
39. Jaque Pirabán, R. A. [2008]. Métodos Aproximados para la Solución del Problema de Enrutamiento de Vehículos. Disponible en el sitio: <http://andresjaquep.files.wordpress.com/2008/12/estado-del-arte-vrp1.pdf>.
40. 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>
41. 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.*
42. Knudsen González, J. A. et al. [1997]. Procedimiento de mejora al sistema de gestión logística del transporte de residuos agrícolas cañeros (RAC) en el CAI Luis Arcos Bergnes. Matanzas. Universidad Camilo Cienfuegos de Matanzas. *Tesis presentada en opción al grado académico de Máster en organización de la producción.*
43. López Ramírez, B. & Mezura Montes, E. [2007]. Comparación de algoritmos evolutivos y bio-inspirados en problemas de optimización con restricciones. Disponible en el sitio: <http://www.algoritmia.net/articles.php?id=32>.
44. Lourenco, H. R. [2003]. Aplicaciones Orientadas a los Negocios. Disponible en el sitio: <http://heur.uv.es/metodos/OTROS1.pdf>.
45. Lugo, L. [2007]. La importancia del transporte en la Cadena de Suministro. Disponible en el sitio: <http://ingenierodelogistica.blogspot.com/2007/12/importancia-del-transporte-en-la-cadena.html>.
46. MapInfo Corporation [2006]. MapInfo Professional. Versión 8.5.
47. 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 Habana. Universidad de la Habana. *Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.*
48. 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](http://www.ici.ubiobio.cl/revista/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=23&Itemid=3).

49. 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>
50. Moreno Quintero, E. [2000]. Problemas de ruteo vehicular en la recolección y distribución óptimas de cargas. Disponible en el sitio:  
<http://boletin.imt.mx/muestraRes.php?id=252&t=nt>.
51. Moskowitz, H. & Wright, G. P. [1984]. Investigación de Operaciones. México. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.
52. Norman, P. [2000]. Logística. Disponible en el sitio:  
<http://www.weblogistica.com/logistica.htm>.
53. OIT [1991]. Introducción del estudio del trabajo. Madrid, España. Segunda Edición. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.
54. 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>.
55. Red científica [2009]. Computación evolutiva. Disponible en el sitio:  
[http://www.redcientifica.com/gaia/def/defin1\\_c.htm](http://www.redcientifica.com/gaia/def/defin1_c.htm).
56. Rodríguez Cotilla, Z. [2000]. Teoría de la decisión multicriterio: un enfoque para la toma de decisiones. Economía y Desarrollo. No. 1 / Vol. 126 / Ene.-Jun. Disponible en el sitio:  
[http://www.dict.uh.cu/Revistas/econom%EDa\\_%20desarrollo/2000%20n-1/Zoe.pdf](http://www.dict.uh.cu/Revistas/econom%EDa_%20desarrollo/2000%20n-1/Zoe.pdf).
57. Romero, C. [1993]. Teoría de la decisión multicriterio: conceptos, técnicas y aplicaciones. Alianza Editorial, Madrid.
58. 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>.
59. Ruiz Moreno, Y. [2006]. Procedimiento general para el diseño, implantación y control de rutas en cadenas de producción de refrescos. Aplicación a la distribución del refresco carbonatado embotellado en la Unidad Empresarial de Base (UEB) Embotelladora Central "Osvaldo Socarrás Martínez" de Santa Clara. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Santa Clara. Trabajo de diploma.
60. Saaty, T. L. [1980]. *The Analytic Hierarchy Process*. New York. McGraw Hill.
61. 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-000000027&id\\_parte=378](http://www.sedici.unlp.edu.ar/search/downloadp.php?id_document=ARG-UNLP-TPG-000000027&id_parte=378).
62. 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>.

63. Sasson Rodes, R. [2005]. La Cadena de Suministro. Disponible en el sitio:

<http://www.monografias.com/trabajos31/cadena-suministros/cadena-suministros.shtml>.

64. Schroeder, R. G. [2005]. Administración de operaciones. Casos y conceptos contemporáneos. Segunda Edición. México: McGraw-Hill.

65. *The VRP Web*. [2009]. Disponible en el sitio: <http://neo.lcc.uma.es/radi-aeb/WebVRP>.

66. 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.

67. Torres Gemeil, M. et al. [2003]. Logística. Temas Seleccionados. Tomo III. Primera Edición. Editorial Feijoo. Ciudad de la Habana.

68. Torres Gemeil, M. et al. [2004]. Logística. Temas seleccionados. Tomo I. Editorial Feijóo. Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas. Santa Clara.

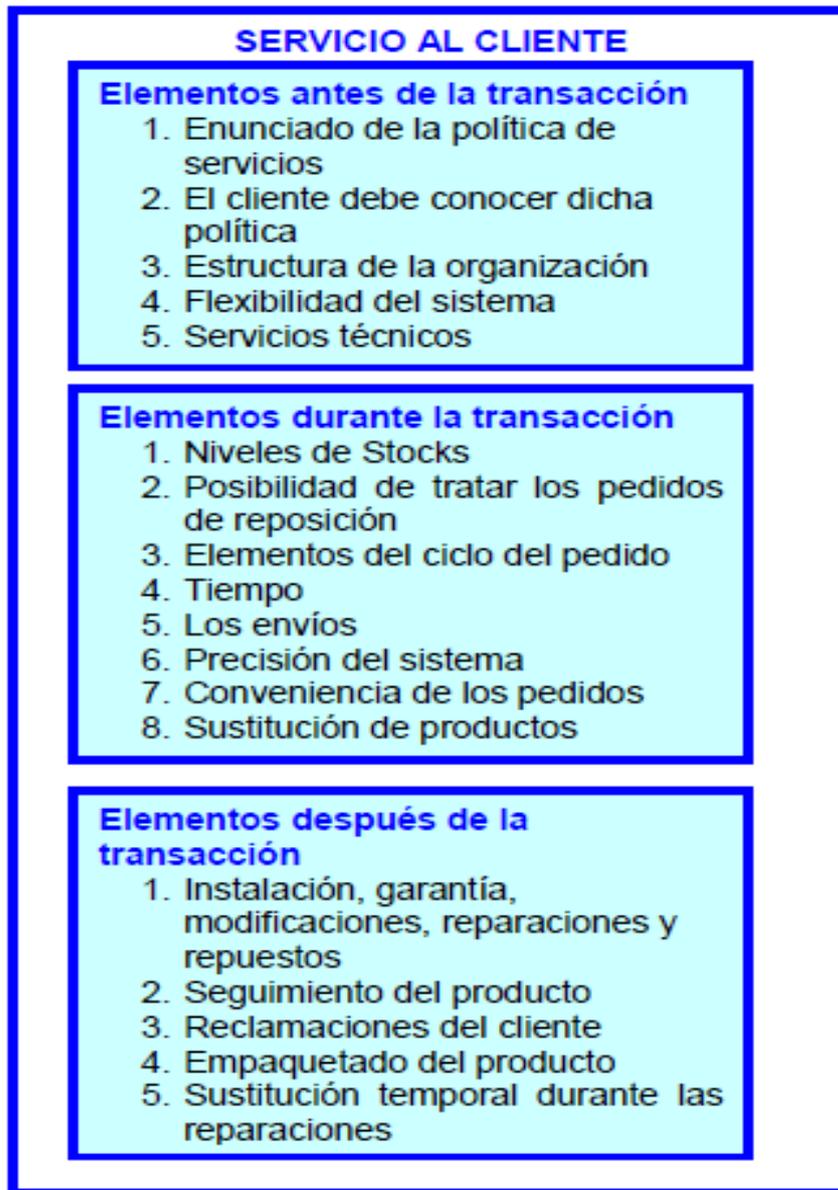
69. Torres Guirola, N. [2007]. Procedimiento para la Evaluación del Sistema de Gestión de la Producción en empresas manufactureras cubanas. Santa Clara. *Tesis presentada en opción al grado académico de Máster. Mención Producción.*

70. Torres, L. M. [2007]. Una introducción relámpago a la Teoría de Complejidad. XIV Jornadas en Estadística e Informática Guayaquil. Disponible en el sitio:  
[http://www.icm.espol.edu.ec/jornadas/14/archivos/Diapositivas/TorresLuis/contribución/TorresLuisMiguel\\_ClaseN\\_vs\\_ClaseNP.pdf](http://www.icm.espol.edu.ec/jornadas/14/archivos/Diapositivas/TorresLuis/contribución/TorresLuisMiguel_ClaseN_vs_ClaseNP.pdf)

71. 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%202003.doc>

## Anexo 1. Elementos que integran el Servicio al Cliente



Fuente: Cespón Castro & Amador Orellana [2003].

## Anexo 2. Técnicas para la toma de decisiones logísticas en el ruteo de vehículos

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

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

### Anexo 3. Clasificación y características de las técnicas de ruteo de vehículo

Clasificación	Técnicas	Características
Exactos	Programación de compromiso	<p>Es una técnica basada en distancias, la cual identifica como mejor alternativa la solución que se encuentra más próxima a una solución ideal propuesta por el decisor, denominadas soluciones de compromiso. Se adapta a problemas continuos y puede perfectamente aplicarse a casos discretos en donde se dispone de una matriz de objetivos-alternativas.</p>
	Programación dinámica	<p>Sirve para resolver problemas de optimización en lo que es necesario tomar decisiones en etapas sucesivas. Su esencia se expresa mediante el principio de optimalidad donde la política óptima para las etapas que faltan hasta la finalización del proceso es independiente de las políticas adoptadas en las etapas anteriores.</p>
	Programación Meta	<p>Constituye, quizás, la primera aproximación a la toma de decisión de un contexto de objetivos múltiples efectuada a través de la programación matemática. A pesar de que el método presenta fuertes ventajas, se han detectado ciertos problemas en su aplicación, tales como: si para algunos objetivos las metas son muy pesimistas y para un objetivo la meta demasiado optimista, la solución obtenida por el método, es semejante a la de optimizar únicamente ese objetivo e incluir dentro de las restricciones el logro de las demás metas, necesita gran calidad de información para su aplicación y reporta precios asignarles pesos específicos a cada una de las metas. Algunos autores como Barbara – Romero Casillas (1993), proponen usar como factor normalizador la meta de cada objetivo para evitar que esa meta optimista sesgue la solución. Este método es válido para problemas continuos o discretos.</p>

	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. Cuando se obtiene una solución óptima que tiene un valor no entero para una variable que ha de ser entera, el algoritmo de planos de corte se usa para encontrar una restricción lineal más adelante que sea satisfecha por todos los puntos factibles enteros, pero violados por la solución fraccional actual. El proceso se repite hasta que se encuentra una solución entera que no se puede demostrar que es óptima, o bien no se encuentran más planos de corte (Barbara – Romero Casillas 1993).
	Programación lineal entera	Son problemas de programación lineal en los que se exige que alguna (puros) o todas las variables (mixtos) sean enteros. Los algoritmos que permiten resolver los problemas restringidos a enteros son más complejos y requieren mucho más tiempo computacional. Es un término general para los modelos de programación matemática que presentan condiciones de integridad de la programación lineal que tienen la característica adicional de que algunas de las variables de decisión deben tener valores enteros.
<b>Heurísticos</b>	Ramificación y acotamiento	Ramificar y Acotar, también llamado ramificación y poda parte de la adición de nuevas restricciones para cada variable de decisión (acotar) que al ser evaluado independientemente (ramificar) lleva al óptimo entero. 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 (Barbara – Romero Casillas 1993)

	Método de los ahorros	Es catalogado como una heurística constructiva dado que crea soluciones nuevas agregando componentes repetidamente a una solución vacía hasta que esté completa. Es un método flexible como para manejar un amplio rango de restricciones, principalmente porque es capaz de formar rutas y ordenar paradas en las rutas simultáneamente. El objetivo del método de los ahorros es minimizar la distancia total viajada por todos los vehículos y minimizar indirectamente el número de vehículos necesarios para atender todas las paradas.
	Método del barrido	Se emplea para la construcción de rutas que se podrían aplicar de forma gráfica, ya que simplemente 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. Pertenece al grupo de algoritmo de dos fases consistentes en agrupar primero y diseñar las rutas luego. La naturaleza de su procedimiento resulta muy práctica, dado que obedece al sentido lógico que requiere un análisis de rutas. Constituye quizás la herramienta que mayor empleo posee en la práctica, dado que el propio sentido común lleva a su concepción. La mayor desventaja del método es que genera las rutas a partir de los nodos determinados por el barrido, lo cual puede traer problemas en que las rutas tengan una restricción de tiempo y/o longitud, ya que muchas veces el grupo de nodos elegidos por el barrido las superan. Presenta como ventaja la posibilidad de dar muy buenas soluciones cuando cada volumen de parada es una pequeña fracción de la capacidad del vehículo, todos los vehículos tienen el mismo tamaño y no hay restricciones de tiempo en las rutas.
<b>Metaheurísticos</b>	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.). El

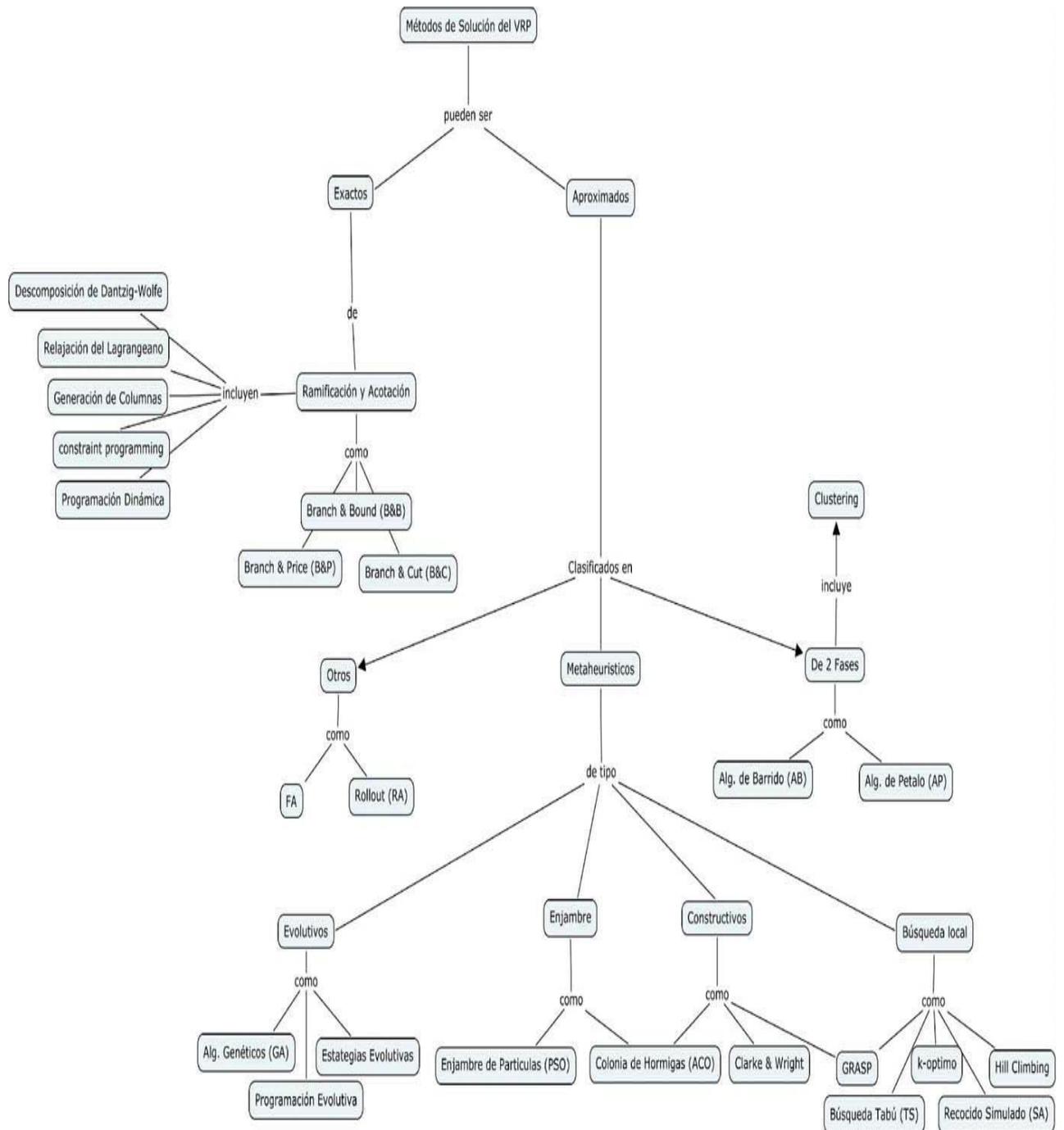
		<p>comportamiento resultante del proceso es el de una nube de partículas que “vuelan” a través del espacio n-dimensional, acelerando hacia soluciones mejores, hasta eventualmente hallar el óptimo buscado. Las partículas nunca mueren, y cada una tiene un fitness, una posición y un vector velocidad que dirige.</p>
	<p>Optimización por colonia de hormigas</p>	<p>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 y estos sean capaces de construir buenas soluciones a problemas de optimización combinatoria difíciles gracias a la utilización de comunicaciones de bajo nivel, depositando en el suelo trazas de una sustancia química llamada feromona. Este algoritmo se ha revelado especialmente útil para la resolución de problemas de enrutado. Desde que autores como Dorigo, Maniezzo y Coloma iniciaron el trabajo con el sistema de hormigas, la aplicación de las mismas como algoritmos ha despertado el interés de un gran número de autores desarrollando modelos cada vez más sofisticados para la solución de problemas de gran complejidad</p>
	<p>Recocido simulado</p>	<p>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 &amp; Teller (1953), Kirkpatrick, Gelatt, &amp; Vecchi (1983) y Cerny (1985) y algunos artículos presentan excelentes revisiones sobre el enfoque de la misma, como: Collins, Eglese, &amp; Golden (1988), Tovey (1988) y Eglese (1990).</p>

	Algoritmos genéticos	<p>Pueden ser clasificados como una meta heurística A/S/P (Glover &amp; Laguna, 1997). Permiten optimizar funciones altamente no lineales y no convexa y se han ampliado para la resolución de problemas cuyas variables de decisión pueden tomar valores diferentes a uno y cero. Schaffer &amp; Eshelman (1996) reconocen que no son la mejor alternativa en el caso de problemas combinatorios.</p> <p>Radcliffe &amp; Surry (1995) dicen que esto se debe a que las representaciones que inducen a la obtención de buenos esquemas de cruzamiento son difíciles de encontrar. Se utilizan para administrar inventarios y suministros en cadenas de distribución, que exigen almacenar y distribuir eficientemente los productos. Presentan como desventaja que no devuelven siempre una solución perfecta y demostrable a un problema. Por esto, varios investigadores como Holland (1992), Forrest (1993) y Haupt (1998) aconsejan no utilizar algoritmos genéticos en problemas resolubles de manera analítica. Personalidades como Sato et al. 2002, Porto &amp; Fogel (1995), Tang et al. (1996), , Keane &amp; Brown (1996), Obayashi et al. (2000), Sasaki et al. (2001), Williams, Crossley y Lang (2001), Andreou, Georgopoulos y Likothanassis (2002), Hughes &amp; Leyland (2000) y muchos más han incursionado en la aplicación de estos métodos a los diferentes campos obteniendo resultados relevantes</p>
	Búsqueda tabú	<p>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, &amp; Semet (2000) la consideran como la más reconocida entre las meta heurísticas y ha sido extensamente aplicada a numerosos problemas combinatorios tales como: ruteo de vehículos y el viajante de comercio.</p>
	Redes neuronales	<p>Está basado en un modelo informático de la manera en que están conectadas las</p>

		<p>neuronas del cerebro. Es un enfoque adaptativo que podría emplear una búsqueda de vecindario a medida que se mueve de una solución a otra. Presenta aplicaciones en problemas de optimización encontradas mediante las contribuciones de Hopfield &amp; Tank (1985), Gulati &amp; Iyengar (1987), Croix, &amp; Le Texier (1988), Arizona, Yamamoto, &amp; Ohto (1992), Sabuncuoglu &amp; Hommertzheim (1992); Bernard. Sin embargo, Reinelt (1994) argumenta que los resultados de este método no son todavía convincentes ya que las rutas generadas son similares a las rutas de inserción más cercana con respecto a estructura y calidad.</p>
<b>Aproximados</b>	Problema del transporte	<p>Dantzig [1959] define este método 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. Es un problema muy conocido que se clasifica como un problema NP completo. Aparece de forma natural en las áreas de transporte, distribución y logística.</p>
	Algoritmo de Floyd	<p>El algoritmo de Floyd intenta resolver el problema de encontrar el camino más corto entre todos los pares de nodos o vértices de un grafo. Esto es similar a construir una tabla con todas las distancias mínimas entre pares de ciudades de un mapa, indicando la ruta a seguir para ir de la primera ciudad a la segunda. Fácil implementación. Requerimientos mínimos de memoria. Su desventaja se debe a que es un algoritmo lento, que establece muchas comparaciones.</p>
	Algoritmo de Ford	<p>Este algoritmo está diseñado para determinar en un cierto gráfico o red el camino más corto o más largo entre dos puntos elegidos, un origen y un final, donde <math>X_i</math> y <math>X_j</math> son dos vértices genéricos del gráfico, <math>a = (i,j)</math> es el arco entre <math>X_i</math> y <math>X_j</math> y <math>V(a)</math> es el valor de dicho arco (distancia o tiempo). Este algoritmo es más simple que el de Bellman - Kalaban e intuitivamente más claro.</p>

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 4. Diagrama resumen de los métodos de solución para el ruteo de vehículos.



Fuente: Jaque Pirabán [2008].

## Anexo 5. Algunas de las expresiones utilizadas en la investigación

### Determinación del número óptimo de expertos

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

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 Mendoza [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 los diferentes software [Siegel, (1972), Ferrer et al. (1998), etc. y distintas versiones del SPSS].

### Coeficiente de competencias

Para mayor información véase anexo 15 tomado de Hurtado de Mendosa [2003].

### Homogenización de la matriz de decisión

Para criterios en que se invierte el sentido de optimalidad

$$NC_{l,r} = \frac{1}{E_{l,r}} \quad \forall \text{ valor de } l \quad [5.2]$$

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

$$V_{l,r} = \frac{NC_{l,r}}{\sum_{l=1}^m NC_{l,r}} \quad [5.3]$$

Donde:

$V_{l,r}$ : Valor normalizado

**El método de la entropía para la determinación del peso objetivo  $(W_r^0)$**

1. Se parte primeramente de las evaluaciones  $N_{l,r}$  ya normalizadas a  $V_{l,r}$ .

2. Se calcula la entropía ( $E_r$ ) de cada criterio:  $E_r = -k * \sum V_{L,r} * \log V_{L,r}$  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:

$$W_r^o = \frac{D_r}{\sum_{r=1}^c D_r}$$

[5.4]

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  $V_{L,r}$ , 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:

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

[5.5]

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 $W_{r,s}$

$$W_{z,r} = \frac{P_{z,r}}{\sum_{r=1}^c P_{z,r}}$$

[5.6]

$$W_r^s = \frac{\sum_{z=1}^n W_{z,r}}{\sum_{r=1}^c \sum_{z=1}^n W_{z,r}}$$

[5.7]

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:

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

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 (0) menos importante, (1) igual de importante o (2) más importante.

### **Método multicriterio a utilizar (Producto ponderado)**

$$VP_l = \prod_{r=1}^c NC_{l,r}^{W_r}$$

Donde  $W_r = \overline{1, c}$

[5.8]

**Anexo 6. Indicadores de desempeño clave (KPI) clasificados en dimensiones para la determinación del IINDD**

<b>Costos en la distribución</b>	
<b>1. Costo unitario promedio por servicio</b>	Costo total del servicio / Número de servicios
<b>2. Costo unitario promedio por km recorrido</b>	Costo total del servicio / km. totales recorridos
<b>3. Costo de combustible</b>	Consumo de combustible * Costo del combustible
<b>4. Costo de lubricante</b>	Consumo de lubricante * Costo del lubricante
<b>5. Costo de Salario</b>	Trabajadores implicados en la distribución * Salario medio
<b>Tiempo en la distribución</b>	
<b>6. Plazo medio recepción-reparación</b>	Media de la diferencia de tiempo entre la fecha de recepción del pedido en el Centro y la fecha de efectuada la reparación
<b>7. Índice de entregas en tiempo</b>	Número de entregas en tiempo / Número total de entregas
<b>8. Índice de tiempo perdido en la distribución</b>	Tiempo perdido no reglamentado en la distribución / tiempo concebido para la distribución
<b>Fiabilidad en la distribución</b>	
<b>9. Rendimiento del servicio brindado en función de reclamaciones</b>	Número de servicios no reclamados / Número total de horas trabajadas
<b>10. Índice de reclamación producto de la distribución</b>	Servicios reclamados / Número total de servicios
<b>Utilización de las capacidades en la distribución</b>	
<b>11. Utilización del transporte en la distribución</b>	km. planificados en la ruta / Km. recorridos totales.
<b>12. Utilización de la capacidad del servicio</b>	Cantidad de servicios reales atendidos / Total de servicios planificados
<b>13. Utilización del tiempo concebido para la distribución</b>	Tiempo real de la distribución / Fondo de tiempo planificado para la distribución

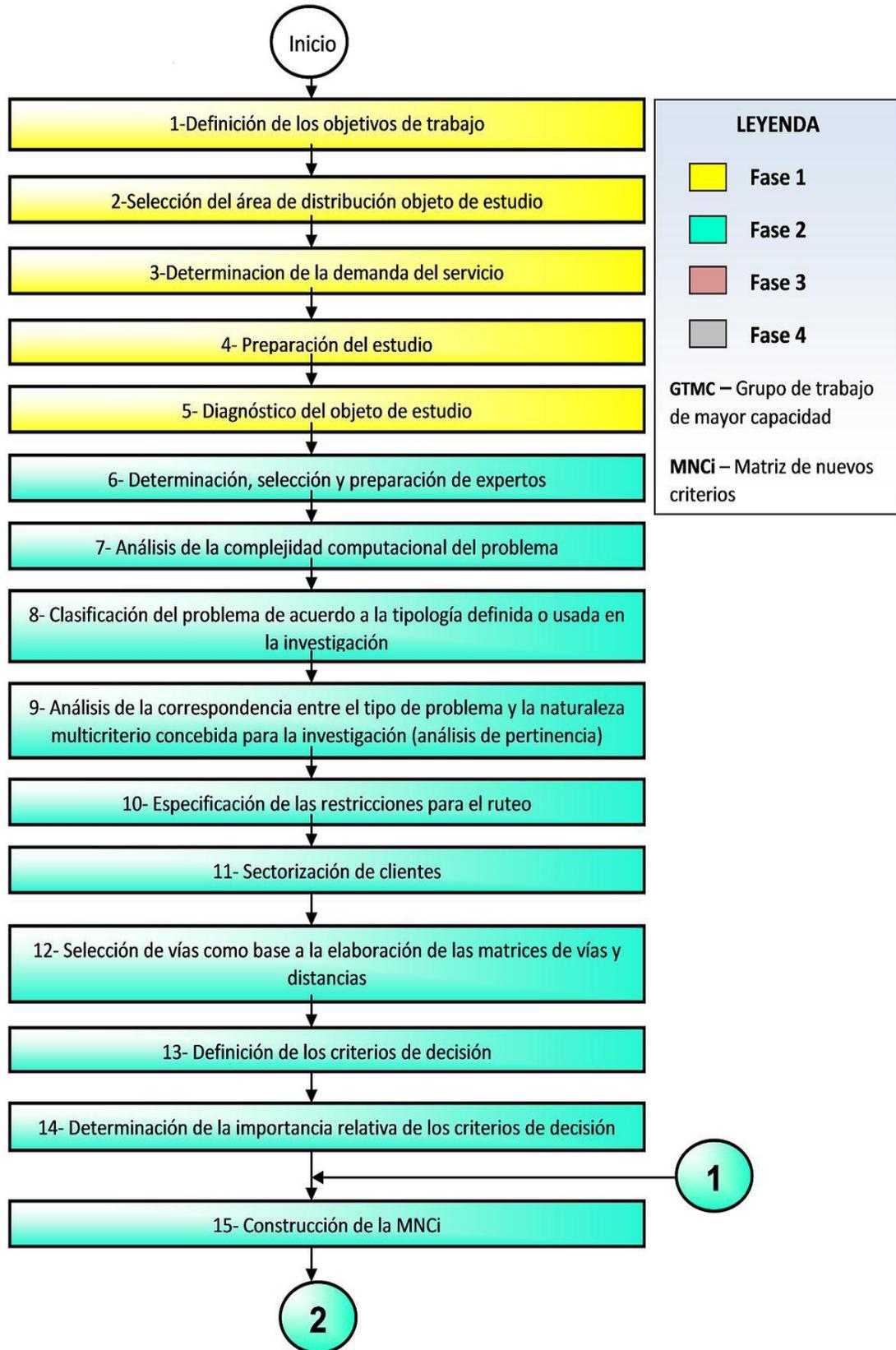
Fuente: Elaboración propia a partir de PILOT [2007] & Garza Ríos [2001].

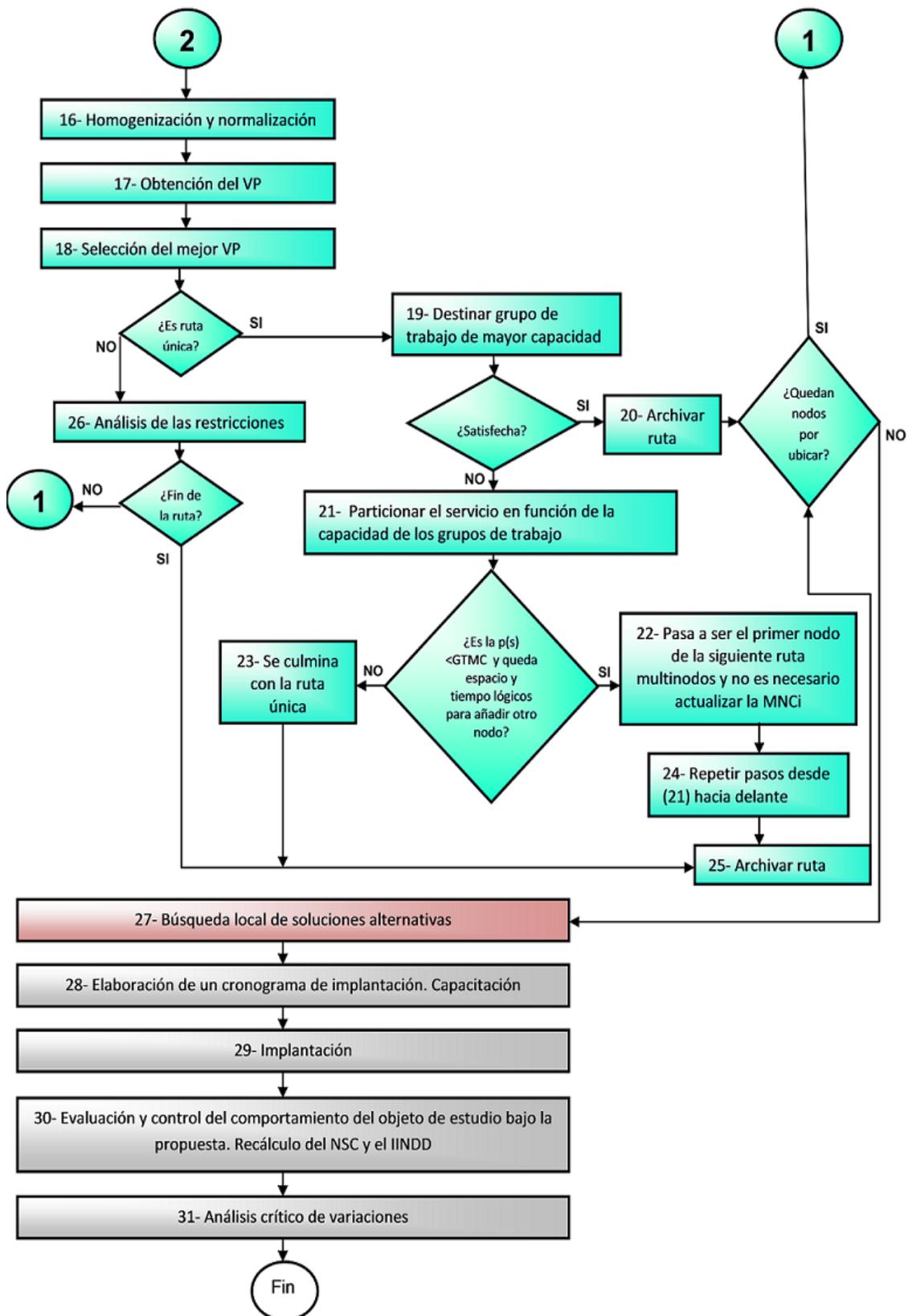
## Anexo 7. Operadores vecindarios

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

**Fuente: Elaboración propia.**

## Anexo 8. Procedimiento general





### Anexo 9. Coeficiente de competencia.

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: Kcj: Coeficiente de Conocimiento o Información del experto "j"  
n: Rango seleccionado por el experto "j"

Se llevan a los valores de una tabla patrón:

<b>Fuentes de Argumentación o Fundamentación</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
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 internacionales	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

**Coeficiente de Argumentación** (Ka) de cada experto, ecuación 2.

6

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

Donde:

Ka: Coeficiente de Argumentación

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

**Coeficiente de Competencia** (K) que finalmente es el coeficiente que determina en realidad qué 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

Kc: Coeficiente de Conocimiento

Ka: Coeficiente de Argumentación

Posteriormente obtenidos 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

**Fuente: Hurtado de Mendoza [2003].**

## Anexo 10. Coeficiente de competencia para los expertos

### 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 "C" en Telemática Centro de Dirección Nacional
2. Jefe de Grupo "C" Desarrollo y Operaciones de la Red
3. Jefe de Unidad "A" Planta Exterior
4. Jefe de Grupo "C" Operación y Mantenimiento
5. Especialista "D" en Telemática Operación y Mantenimiento
6. Jefe de Unidad "D" Mesa de Prueba Territorial
7. Jefe Centro Telecomunicaciones Sancti Spíritus
8. Profesor Universitario. Ingeniería Industrial. Universidad de Sancti Spíritus José Martí

#### 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 "C" en Telemática Centro de Dirección Nacional									X	
2. Jefe de Grupo "C" Desarrollo y Operaciones de la Red								X		
3. Jefe de Unidad "A" Planta Exterior								X		
4. Jefe de Grupo "C" Operación y Mantenimiento									X	
5. Especialista "D" en Telemática Operación y Mantenimiento								X		
6. Jefe de Unidad "D" Mesa de Prueba Territorial								X		
7. Jefe Centro Telecomunicaciones Sancti Spíritus									X	
8. Profesor Universitario. Ingeniería Industrial. Universidad José Martí Sancti Spíritus								X		

**Fuente: Elaboración propia.**

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

$$\begin{array}{lll}
 Kc1 = 9*(0.1) = 0.9 & Kc4 = 9*(0.1) = 0.9 & Kc7 = 9*(0.1) = 0.9 \\
 Kc2 = 8*(0.1) = 0.8 & Kc5 = 8*(0.1) = 0.8 & Kc8 = 8*(0.1) = 0.8 \\
 Kc3 = 8*(0.1) = 0.8 & Kc6 = 8*(0.1) = 0.8 &
 \end{array}$$

### 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	Exp 1	Exp 2	Exp 3	Exp 4	Exp 5	Exp 6	Exp 7	Exp 8
Análisis teóricos realizados por usted	Alto	Medio	Medio	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto
Su experiencia obtenida	Medio	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Trabajos de autores nacionales	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Trabajos de autores extranjeros	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo
Su conocimiento del estado del problema en el extranjero	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Su intuición	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

Fuente: Elaboración propia.

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

$$\begin{array}{lll}
 Ka1 = 0.9 & Ka4 = 0.9 & Ka7 = 0.9 \\
 Ka2 = 0.9 & Ka5 = 0.8 & Ka8 = 0.9 \\
 Ka3 = 0.9 & Ka6 = 0.9 &
 \end{array}$$

### Paso 7: Determinación del Coeficiente de Competencia (K)

$$\begin{array}{lll}
 K1 = 0.9 & K4 = 0.9 & K7 = 0.9 \\
 K2 = 0.85 & K5 = 0.8 & K8 = 0.85 \\
 K3 = 0.85 & K6 = 0.85 &
 \end{array}$$

Fuentes de argumentación o fundamentación	Exp 1	Exp 2	Exp 3	Exp 4	Exp 5	Exp 6	Exp 7	Exp 8
Análisis teóricos realizados por usted	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3
Su experiencia obtenida	0.4	0.5	0.5	0.4	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
Trabajos de autores extranjeros	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
Su intuición	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
<b>Total</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>	<b>0.08</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### Tabla de Coeficiente de competencia (K)

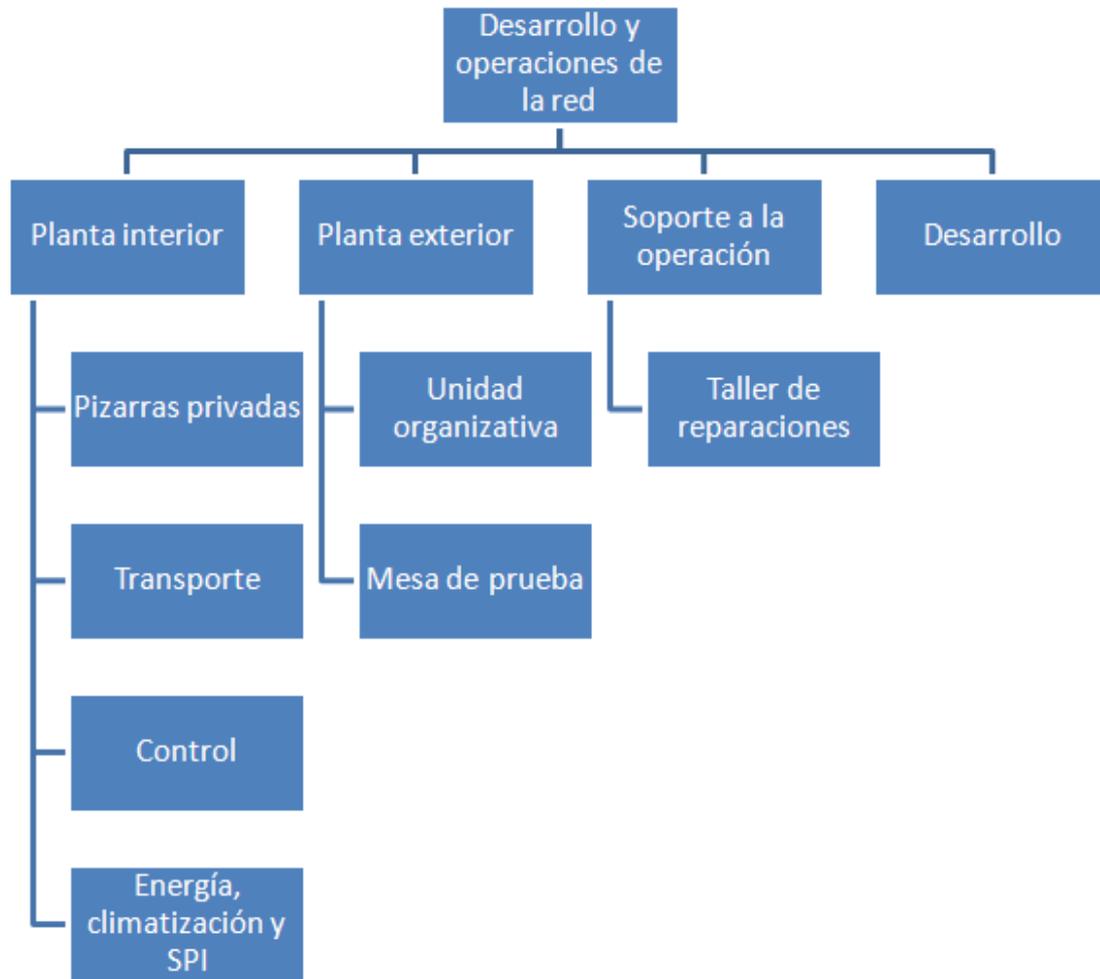
Expertos	Especialidad	Coeficiente de competencia
1	Especialista "C" en Telemática Centro de Dirección Nacional	0.9
2	Jefe de Grupo "C" Desarrollo y Operaciones de la Red	0.85
3	Jefe de Unidad "A" Planta Exterior	0.85
4	Jefe de Grupo "C" Operación y Mantenimiento	0.9
5	Especialista "D" en Telemática Operación y Mantenimiento	0.8
6	Jefe de Unidad "D" Mesa de Prueba Territorial	0.85
7	Jefe Centro Telecomunicaciones Sancti Spiritus	0.9
8	Profesor Universitario. Ingeniería Industrial. Universidad José Martí Sancti Spiritus	0.85

Fuente: Elaboración propia.

#### Paso 8: Valoración del Coeficiente de Competencia en cuanto a la escala

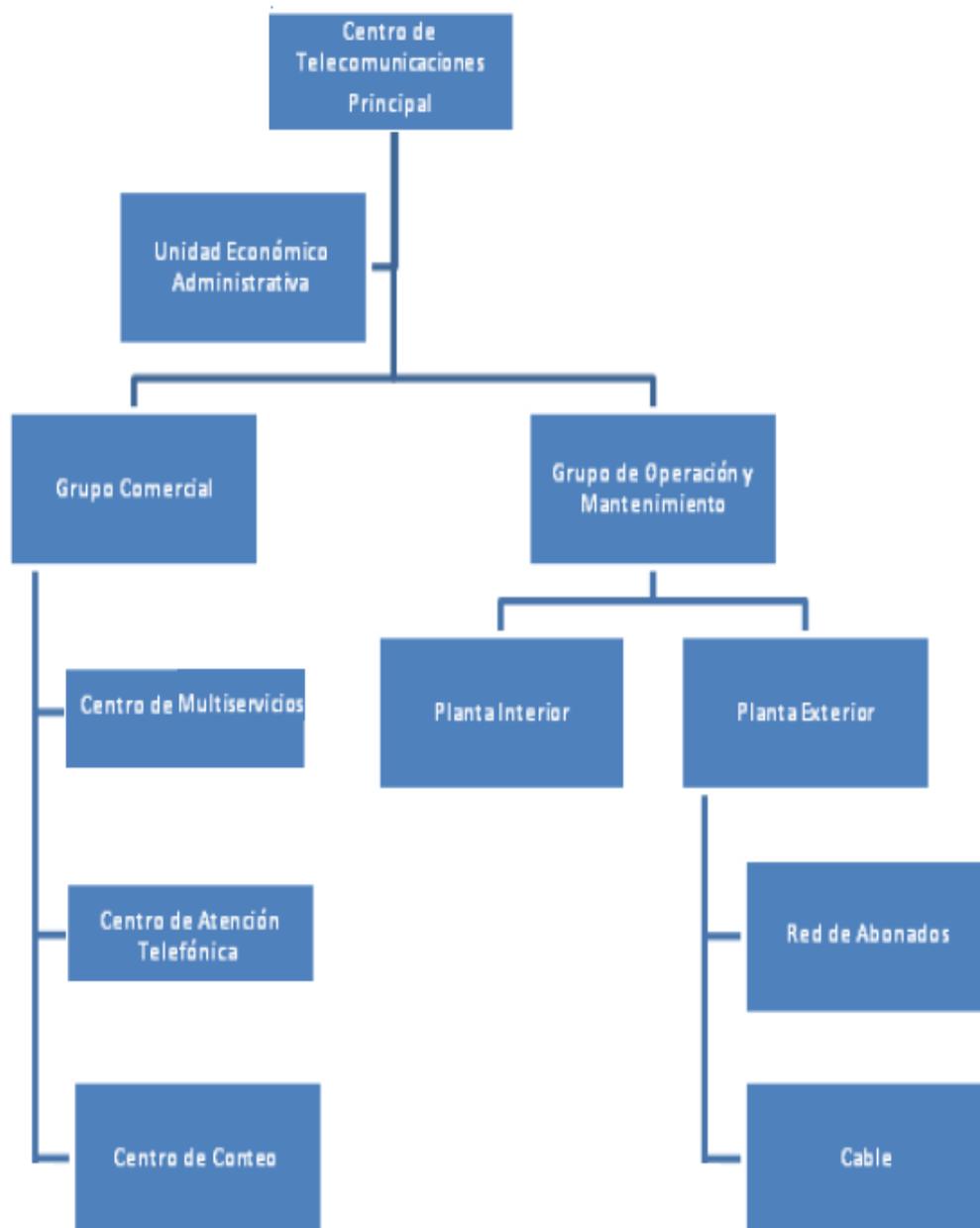
Como todos los valores de K se encuentran dentro del rango ( $0.8 < K < 1.0$ ) el Coeficiente de competencia es alto, por tanto, los expertos seleccionados son adecuados.

## Anexo 11: Estructura organizativa del departamento de Desarrollo y operaciones de la red



Fuente: Dirección Territorial de ETECSA Sancti Spíritus

## Anexo 12. Estructura organizativa del Centro de telecomunicaciones principal de Sancti Spíritus



Fuente: Dirección Territorial de ETECSA Sancti Spiritus

**Anexo 13. Resultados del cálculo de los KPI**

	<b>KPI</b>	<b>Valores Actuales</b>	<b>Plan</b>
	<b>Dimensión 1. Costo en la distribución</b>		
1	Costo unitario promedio por servicio (\$/servicio)	23.23	22.50
2	Costo unitario promedio por km recorrido (\$/km)	5.02	4.60
3	Costo de combustible (\$/mes)	3120	2600
4	Costo de lubricante (\$/mes)	120	110
	Costo de salario (\$/mes)	660	660
	<b>Dimensión 2. Tiempo en la distribución</b>		
6	Plazo medio recepción – reparación (h)	42.2	38
7	Índice de entregas en tiempo	0.863	0.93
8	Índice de tiempo perdido en la distribución	0.214	0.125
	<b>Dimensión 3. Fiabilidad en la distribución</b>		
9	Rendimiento del servicio brindado en función de reclamaciones (servicios no reclamados/h)	0.844	0.94
10	Índice de reclamación producto de la distribución	0.036	0.015
	<b>Dimensión 4. Utilización de las capacidades en la distribución</b>		
11	Utilización del transporte en la distribución	0.938	0.97
12	Utilización de la capacidad del servicio	0.933	0.98
13	Utilización del tiempo concebido para la distribución	1.04	0.90

**Fuente: Elaboración propia**

**Anexo 14. Resultados de la aplicación del método de ponderación del triángulo de Füller modificado, a la determinación de los pesos de los indicadores por dimensión y entre dimensiones**

**Pesos de los indicadores por dimensión**

**Costos en la distribución**

<b>Indicadores</b>	<b>Pesos</b>
1. Costo unitario promedio por servicio	0.1923
2. Costo unitario promedio por km recorrido	0.2308
3. Costo de combustible	0.3077
4. Costo de lubricante	0.0384
5. Costo de Salario	0.2308
<b>Consistencia 90%</b>	

**Tiempo en la distribución**

<b>Indicadores</b>	<b>Pesos</b>
6. Plazo medio recepción-reparación	0.4444
7. Índice de entregas en tiempo	0.4444
8. Índice de tiempo perdido en la distribución	0.1111
<b>Consistencia 100%</b>	

**Fiabilidad en la distribución**

<b>Indicadores</b>	<b>Pesos</b>
9. Rendimiento del servicio brindado en función de reclamaciones	0.5
10. Índice de reclamación producto de la distribución	0.5
<b>Consistencia 100%</b>	

**Utilización de las capacidades en la distribución**

<b>Indicadores</b>	<b>Pesos</b>
11. Utilización del transporte en la distribución	0.3333
12. Utilización de la capacidad del servicio	0.3333
13. Utilización del tiempo concebido para la distribución	0.3333
<b>Consistencia 100%</b>	

**Pesos entre dimensiones**

<b>Indicadores</b>	<b>Pesos</b>
Costos en la distribución	0.2900
Tiempo en la distribución	0.1700
Fiabilidad en la distribución	0.2900
Utilización de las capacidades en la distribución	0.2500
<b>Consistencia 90%</b>	

## **Anexo 15. Importancia relativa de los criterios de decisión para la selección de vías**

### **Pesos entre los criterios de vías**

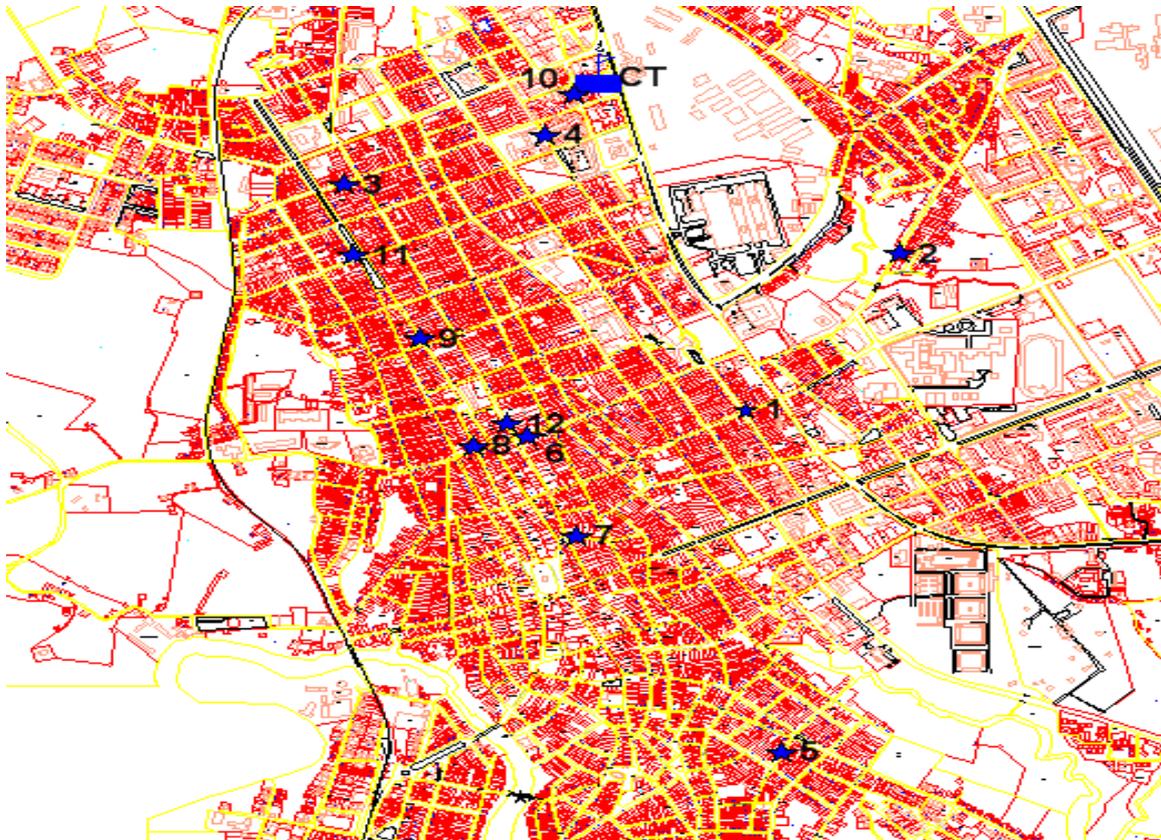
<b>Criterios de Vías</b>	<b>Pesos</b>
Velocidad de operación	0.19
Distancia	0.24
Calidad de la vía	0.18
Tráfico	0.20
Retardo (Relieve)	0.19

### **Pesos entre los criterios para la conformación de rutas**

<b>Criterios para la conformación de rutas</b>	<b>Pesos</b>
Distancia	0.303
Tipo de cliente	0.383
Tareas a ejecutar	0.313

**Fuente: Elaboración Propia**

**Anexo 16: Matriz de vías y distancia del entorno de trabajo en MapInfo Profesional.**



	CD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CD	0	1,100	1,552	0,658	0,282	2,744	1,362	1,698	1,493	1,168	0,089	1,021	1,362
1	1,100	0	616,5	1,342	0,880	1,240	0,590	0,610	0,700	0,990	1,070	1,240	0,650
2	1,552	0,6165	0	1,860	1,350	1,930	1,070	1,520	1,140	1,350	1,440	1,650	1,070
3	0,658	1,342	1,860	0	0,470	2,040	0,880	1,370	0,940	0,600	0,570	0,260	0,790
4	0,282	0,880	1,350	0,470	0	2,290	1,260	1,530	1,305	1,010	0,190	0,750	1,250
5	2,744	1,240	1,930	2,040	2,290	0	1,180	0,850	1,190	1,510	2,610	1,980	1,250
6	1,362	0,590	1,070	880	1,260	1,180	0	0,340	0,130	0,410	1,280	0,730	0,700
7	1,698	0,610	1,520	1,370	1,530	0,850	0,340	0	0,430	0,720	1,620	1,010	0,360
8	1,493	0,700	1,140	0,940	1,305	1,190	0,130	0,430	0	0,320	1,490	0,700	0,160
9	1,168	0,990	1,350	0,600	1,010	1,510	0,410	0,720	0,320	0	1,100	0,270	0,370
10	0,089	1,070	1,440	0,570	0,190	2,610	1,280	1,620	1,490	1,100	0	0,840	1,450
11	1,021	1,240	1,650	0,260	0,750	1,980	0,730	1,010	0,700	0,270	0,840	0	0,950
12	1,362	0,650	1,070	0,790	1,250	1,250	0,700	0,360	0,160	0,370	1,450	0,950	0

**Fuente: Elaboración Propia.**

