

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo
Departamento de Ingeniería Industrial



Trabajo de Diploma

“Procedimiento general para el diseño, implantación y control de rutas en los servicios de atención a interrupciones de los clientes en la Dirección territorial de ETECSA en Villa Clara”

Autor: Héctor Luis Gómez Morales

Tutores: Dr. C. Fernando Marrero Delgado
M. Sc. Alain Duniel González Ríos

Santa Clara
“Año 54 de la Revolución”

Dedicatoria

A mi abuela por apoyarme siempre.

Agradecimientos

A mi familia, mis amigos y profesores por apoyarme en este sueño.

Resumen

La toma de decisiones logísticas, asociada a los servicios de distribución, en la Dirección territorial de ETECSA en Villa Clara, se ha realizado tradicionalmente, 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 parcial 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, las tipologías del Problema del Ruteo de Vehículos (VRP) y los métodos para su solución, entre otros, 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 nodos a partir de las matrices de vías y distancias, elementos estos que sientan las bases para futuras investigaciones.

Abstract

Logistics decision-making, associated with the services of distribution, in the territorial Directorate of ETECSA in Villa Clara, has been traditionally, on the basis of the subjectivity of the criteria to be taken into account. In order to overcome this shortfall this investigation proposes development and partial implementation of a general procedure and their specific procedures aimed at the diagnosis, determination of the level of service to the client (NSC), the calculation of the indicator Integral of the level of performance of the distribution (IINDDD) and the selection of the best tracks on the interruptions of customer service, always with an approach to the supply chain associated with the service.

The results obtained have been preceded by analysis of some terms and definitions relating to decision-making, Multicriteria methods, the NSC, the typologies of the vehicle routing problem (VRP) and methods for their solution, among others, who were applied to the object of study. Developed procedures allowed detail the current state of the selected service and the relevance of the routing of vehicles, the NSC, the indicator proposed in the research to determine and select the most appropriate routes between nodes from arrays, routes and distances, these elements which form the basis for future research.

Índice

Introducción.....	1
Capítulo 1. Marco teórico-referencial de la investigación	6
1.1 Introducción.....	6
1.2. Conceptuación de Logística.....	7
1.3. Conceptuación de Cadena de Suministro y su gestión	8
1.3.1. Formas de reducir los costos en la Cadena de Suministro	10
1.3.2. Papel del transporte en la Cadena de suministro	11
1.4. Servicio al cliente	13
1.5. Ruteo de vehículos	15
1.5.1. Métodos y técnicas para el ruteo de vehículos. Clasificación	16
1.6. Tipologías de problemas de ruteo de vehículos	20
1.6.1. Complejidad computacional y el ruteo de vehículos.....	21
1.7. Situación actual del ruteo en ETECSA y en el objeto de estudio.....	23
1.8. Distribución	23
1.8.1 Diseño de rutas de Distribución	25
1.8.2. Particularidades y tendencias de la distribución en empresas cubanas	25
1.9. Toma de decisiones	26
1.9.1. Métodos multicriterios.....	28
1.10. Conclusiones parciales	30
Capítulo 2. Procedimiento general para el diseño, implantación y control de rutas para el caso de los servicios de atención a interrupciones de los clientes.....	31
2.1. Introducción.....	31
2.2. Concepción teórica del procedimiento general	31
2.3. Descripción del procedimiento general y sus procedimientos específicos.....	34
2.3.1. Fase I del procedimiento general: planificación y diagnóstico del objeto de estudio.....	35
2.3.2. Fase II del procedimiento general: diseño del sistema de ruteo	48
2.3.3. Fase III del procedimiento general: mejoramiento y selección de la variante de ruteo definitiva.....	53
2.3.4. Fase IV del procedimiento general: comprobación, corrección y control.....	56
2.4. Conclusiones parciales	58
Capítulo 3. Resultados de la aplicación parcial de los instrumentos propuestos.	60
3.1. Introducción.....	60
3.2. Aplicación del Procedimiento general para el diseño, implantación y control de rutas en el servicio de atención a interrupciones de los clientes	60
3.2.1. Fase I del procedimiento general: planificación y diagnóstico del objeto de estudio.....	60
3.2.2. Fase II del procedimiento general: diseño del sistema de ruteo	69
3.3. Conclusiones parciales	72
Conclusiones generales.....	74
Recomendaciones	75
Bibliografía.....	76
Anexos.....	83

Introducción

Las empresas de servicios en todo el mundo están sujetas al veloz desarrollo de 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 fijados 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 indispensable aliado de los sectores 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.

Dentro de la Dirección territorial de ETECSA en Villa Clara, una actividad que ha cobrado un singular interés en los análisis del sistema de telecomunicaciones en el territorio es la atención a interrupciones de los clientes, debido a su efecto categórico dentro del indicador Calidad del servicio y constituye el objeto de estudio de esta investigación. La creciente demanda de los servicios de reparación ocasionada por el deterioro actual de este indicador, 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, en aras de 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.

La principal irregularidad detectada es la existencia de demoras e ineficiencias innecesarias en el recorrido de las rutas de atención a interrupciones reportadas por parte de los reparadores, lo que influye negativamente en el NSC y en los costos asociados al servicio constituyendo la **situación problemática** que sustenta esta investigación.

Por tanto, esto conduce a plantear el siguiente **Problema científico**: se precisa del desarrollo de herramientas metodológicas que considerando las características y particularidades de la empresa objeto de estudio y su entorno de acción, guíen el proceso de diseño, implementación y control de rutas para el caso de los servicios de atención a interrupciones de los clientes en la Dirección territorial de ETECSA en Villa Clara.

En correspondencia con los aspectos señalados anteriormente se planteó como **hipótesis general de la investigación** la siguiente: Es posible desarrollar un procedimiento que permita el diseño, implantación y control de rutas para el caso de los servicios de atención a interrupciones de los clientes en la Dirección territorial de ETECSA en Villa Clara, considerando las características propias de la empresa y el entorno donde opera, y que incluya en su estructura herramientas para el diagnóstico, la medición del Nivel de Servicio al Cliente, la determinación de las mejores vías entre nodos, la conformación y

mejora de las rutas diseñadas y la determinación del nivel de desempeño del **IINDD** propuesto en la investigación.

Esta hipótesis quedará validada si:

1. Se logra desarrollar un procedimiento que permita el diseño, implementación y control de rutas para el caso de los servicios de atención a interrupciones de los clientes en la Dirección Territorial de ETECSA en Villa Clara, considerando las características y particularidades de la empresa y su entorno de acción.
2. El procedimiento propuesto incluye en su estructura herramientas para el diagnóstico, la medición del NSC, la determinación de las mejores vías entre nodos, la conformación y mejora de las rutas diseñadas y la determinación del nivel de desempeño de la distribución (**IINDD**).
3. Se logra aplicar de forma parcial y con resultados alentadores las fases del procedimiento, encaminadas a determinar el estado actual de la distribución del servicio de atención a reportes de fallos, incluyendo el desempeño del proceso de distribución y el NSC y se logran determinar y plasmar en matrices las vías más adecuadas entre los nodos de la red y sus respectivas distancias.

En correspondencia con todo lo expuesto, el **objetivo general de la investigación** es desarrollar un procedimiento general para el diseño, implantación y control de rutas para el caso de los servicios de atención a interrupciones de los clientes en la Dirección territorial de ETECSA en Villa Clara, considerando las características propias de la empresa y el entorno donde opera, y que incluya en su estructura herramientas para el diagnóstico, la medición del NSC, la determinación de las mejores vías entre nodos y la determinación del nivel de desempeño de la distribución (**IINDD**), superando las deficiencias detectadas y reflejadas en la situación problemática y realizando una aplicación parcial del mismo en la empresa.

De este se derivan los **objetivos específicos** siguientes:

- Realizar una revisión de la literatura internacional y nacional teniendo en cuenta 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
- Seleccionar y definir los elementos de relevancia para el caso de estudio

- Desarrollar y aplicar un procedimiento específico para determinar el NSC
- Desarrollar y aplicar un método de cálculo para medir, evaluar y controlar el desempeño del proceso logístico al cual se aplique el ruteo
- Desarrollar y aplicar un procedimiento específico para la selección de vías como base para la elaboración de las matrices de vías y distancias
- Aplicar o implementar parcialmente, las herramientas propuestas al objeto de estudio práctico seleccionado

El **valor metodológico** de la investigación se manifiesta en la posibilidad de integrar diferentes conceptos y herramientas en los procedimientos desarrollados, caracterizados estos por su flexibilidad y la posibilidad de mejorar continuamente, los cuales pueden ser utilizados como una herramienta útil para la enseñanza una vez validada su implementación.

El **valor social** de la investigación radica en el mejoramiento de las rutas en servicio objeto de estudio y con ello su gestión, lo cual se traduce en un mejor aprovechamiento de los recursos existentes, una reducción de los costos asociados a la actividad de transporte realizada por la empresa, el mejoramiento de la atención a las reclamaciones de los clientes y la entrega más fiable y en tiempo de los servicios a los clientes. Todo cuanto se ha citado contribuye a la elevación del grado de satisfacción de los clientes y tiene una influencia socio-económico-política significativa en las condiciones actuales del país.

Su **valor práctico** radica en la factibilidad y pertinencia demostradas, de poder implementar en un futuro los procedimientos desarrollados, con resultados satisfactorios y de perspectiva alentadora para su continuidad, tanto en el servicio objeto de estudio como en otros contextos de características similares.

Métodos de investigación utilizados

- Método **hipotético-deductivo**, para la elaboración de la hipótesis general de la investigación
- Métodos de la **entrevista** y la **observación** como principales para obtener el estado actual en la cadena estudiada (en el diagnóstico aparecen asociadas a cada etapa y los métodos para llevarlos a cabo)
- El método **analítico-sintético**, al detallar cada proceso logístico de la cadena por separado, para luego sintetizarlos en los marcos de la cadena de suministro.

- Métodos **estadísticos no paramétricos** para las pruebas de hipótesis formuladas al validar criterios de expertos
- El método de la **entropía y un modelo grupal** para la determinación de los pesos objetivos y subjetivos respectivamente de los diferentes criterios que influyen en la selección de rutas y vías óptimas
- Método multicriterio (**Producto ponderado**) para la conformación de las rutas a seguir en la cadena de suministro objeto de estudio
- Técnicas de prueba y error, el Procedimiento Básico del Estudio del Trabajo (PBET) y el procesamiento computacional de los resultados

Para materializar dichos objetivos 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; un conjunto de Conclusiones y Recomendaciones derivadas de la investigación realizada; la Bibliografía consultada y, finalmente, un grupo de Anexos de necesaria inclusión, como complemento de los resultados expuestos.

Capítulo 1. Marco teórico-referencial de la investigación

1.1 Introducción

El continuo desarrollo tecnológico y empresarial exige a las organizaciones 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 crecientes de los clientes, siempre con un enfoque optimizador. Con el objetivo de cumplimentar bibliográficamente los requerimientos del planteamiento anterior y los temas que servirán como soporte y guía en esta investigación, el autor ha abordado 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.

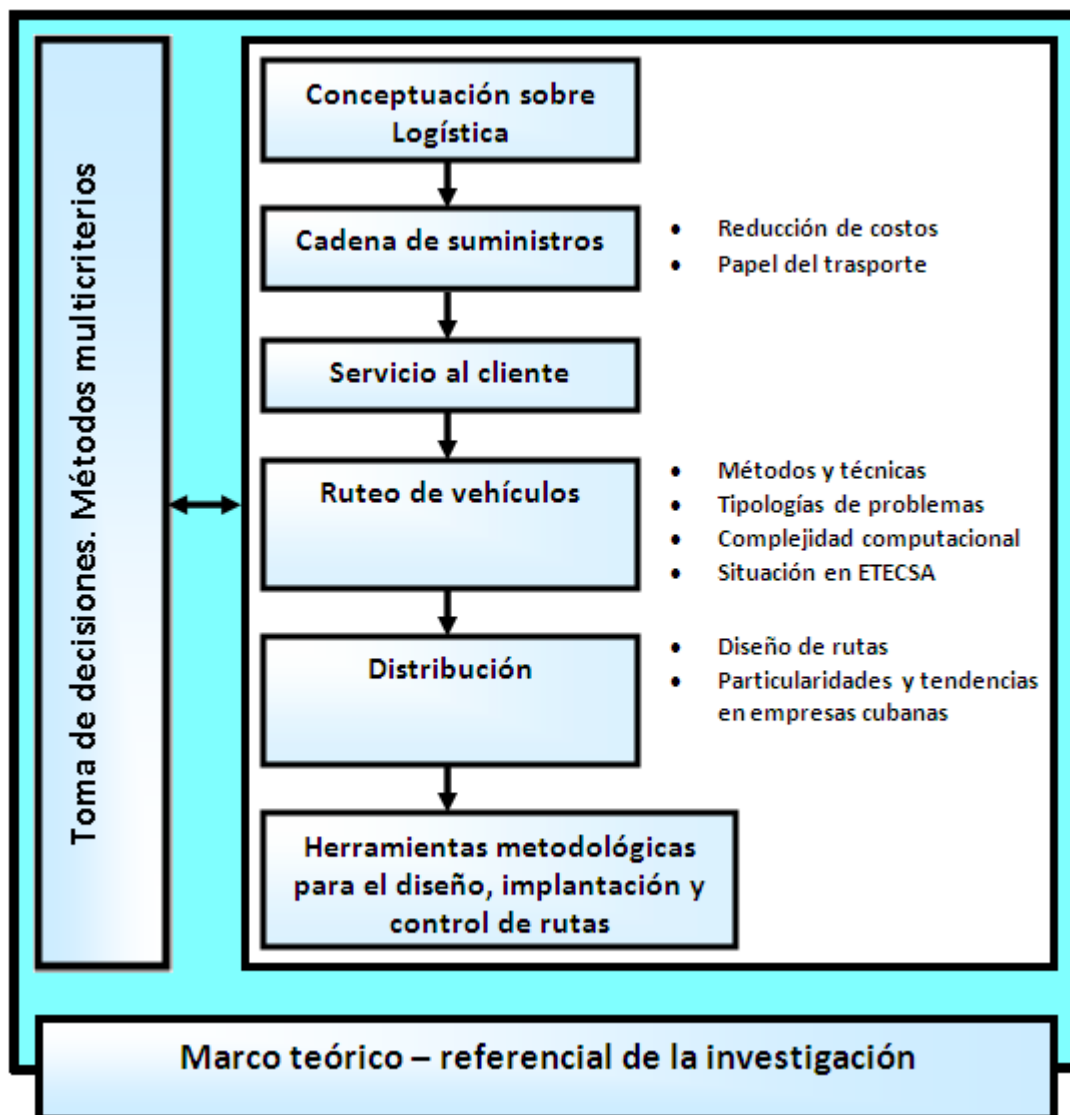


Figura 1.1. Hilo conductor del Marco Teórico-Referencial de la Investigación.

1.2. Conceptuación 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].

La Logística es definida por la Real Academia Española (RAE) [2001] como el conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa, o de un servicio, especialmente de distribución, véase Wikipedia [2009].

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 [2003], 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] en su artículo publicado 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 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. Conceptuación de Cadena de Suministro y su gestión

La integración de los procesos dentro y fuera de la empresa se ha convertido en uno de los desafíos más importantes de la logística en la actualidad. La 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 y clientes [Wikipedia, 2009]. 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) en el año 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, *Supply 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.

Según Wikipedia [2009], 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 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]. Tal es el caso objeto de estudio. 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 del transporte.

Tabla 1.2. Algunas decisiones logísticas del transporte

Áreas	Decisiones relacionadas con
Servicio al cliente	▪ Necesidades de transportación ▪ Calidad del servicio de transportación (cumplimiento del itinerario) ▪ Tiempo de viaje ▪ Tarifas competitivas ▪ Tiempo de espera en las paradas
Ubicación de los puntos origen - destino	▪ Elección de las rutas ▪ Enrutamiento (autos) ▪ Localización de instalaciones (servicentros, talleres, bases de ómnibus, etc.)
Selección de los medios de transporte	▪ Costo de transportación ▪ Consumo de combustible ▪ Utilización de las capacidades de los medios de transporte

Fuente: Knudsen González et al. [1997].

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.

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 Toth & Vigo [2002], al decir de Balseiro [2007], 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.

Contar con un adecuado diseño del servicio al cliente es premisa 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, su utilidad y tipología. 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 [Wikipedia, 2009 & 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

Reeves [1996], Ignizio & Cavalier [1994] y 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 al paralelismo neuroglial en computación y proporcionan técnicas para la solución del Problema de Ruteo de Vehículos [González Vargas & González Aristizábal, 2007]. Dentro de este método se encuentran las técnicas de: ramificación y acotamiento, el vecino más cercano, el método de los ahorros (Clarke & Wright) y del barrido, el método de Lemaire, de Ferguson, de Karg y Thompson, entre otros.

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

Las metaheurísticas, según Osman & Kelly [1996], véase Wikipedia [2009] y 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, entre otros. Wikipedia [2009] propone además optimización aleatoria, ascensión de colinas, búsqueda primero el mejor, meta-RAPS, optimización extrema, etc. 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 resolvidores 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 Alonso et al. [2004], Ramos [2007], Reinelt [1994] al decir de Moraga et al. [2003], los dos primeros métodos son heurísticos (aproximados). Balseiro [2007] plantea que los métodos de construcción crean soluciones nuevas agregando componentes repetidamente a una solución vacía hasta que esté completa, en tanto que los de mejoramiento o búsqueda local parten de una solución inicial e intentan mejorarla realizando pequeños cambios como reubicar o intercambiar clientes, invertir secuencias de clientes, etcétera. La búsqueda se repite hasta que se llega al punto que la solución no se puede mejorar más. Se dice entonces que se ha llegado a un mínimo local. Los métodos de dos fases primero realizan un agrupamiento para después aplicar otro método para la asignación de las rutas a los vehículos o viceversa, entre estos algoritmos se destacan el algoritmo de barrido y el algoritmo de pétalo [Jaque Pirabán, 2008].

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

1.6. Tipologías de problemas de ruteo de vehículos

El *VRP*, es un problema de optimización combinatoria de gran importancia en diferentes entornos logísticos. El mismo se define de manera general según autores como Díaz Parra & Cruz Chávez [2006], *VRP Web* [2009], Balseiro [2007] y Jaque Pirabán [2008], como la determinación de la ruta óptima para una flota de vehículos que parten de uno o más depósitos (almacenes) para satisfacer la demanda de varios clientes dispersados geográficamente.

Tabla 1.3. Tipologías del *VRP* y sus características.

Variantes del <i>VRP</i>	Siglas en inglés	Características
<i>VRP</i> con múltiples depósitos	<i>MDVRP</i>	El vendedor usa varios depósitos o almacenes para suministrar los productos a sus clientes. El objetivo del problema es el servicio a todos los clientes y reducir al mínimo el número de vehículos y la distancia de viaje
<i>VRP</i> periódico	<i>PVRP</i>	Las entregas se realizan en un período fijo. En este modelo la demanda diaria de un cliente siempre es fija y se satisface con un único vehículo
<i>VRP</i> con capacidad limitada	<i>CVRP</i>	Es la variante más genérica y práctica donde la cantidad total asignada a cada ruta no debe exceder la capacidad del vehículo
<i>VRP</i> estocástico	<i>SVRP</i>	Algunas variables como el número de clientes, demanda, tiempo de servicio y de viaje, son aleatorias y varían con el tiempo, cuando esto ocurre no es posible cumplir con todas las restricciones y suelen relajarse algunas de estas
<i>VRP</i> con retornos	<i>VRPB</i>	Se debe cumplir que todas las entregas se realicen antes de las recogidas, conociéndose las cantidades de antemano. Los clientes pueden demandar o devolver artículos, por tanto se necesita tener en cuenta que los bienes que los clientes devuelven quepan en el vehículo
<i>VRP</i> con recogidas y entregas	<i>VRPPD</i>	Además de las entregas realizadas a los clientes, de manera simultánea se realizan recogidas retornando algún tipo de producto, que debe cumplir con la capacidad del vehículo
<i>VRP</i> con ventanas de tiempo	<i>VRPTW</i>	Las entregas a los clientes se realizan dentro de un período de tiempo fijado. Se pueden considerar ventanas de tiempo duras en las que no es posible realizar la entrega al cliente fuera de los períodos establecidos (<i>VRPHTW</i>), mientras que en las ventanas de tiempo suaves se permite la entrega fuera de estos períodos pero con una penalización (<i>VRPSTW</i>)
<i>VRP</i> de entrega dividida	<i>SDVRP</i>	Es una simplificación de <i>CVRP</i> en la que las entregas a los clientes se pueden realizar con diferentes vehículos, debido a que los pedidos se dividen

Fuente: Elaboración propia, previa consulta a los autores citados.

Este problema no se debe estudiar de manera aislada, ya que se han propuesto diferentes variaciones que lo acercan a contextos reales, incluyendo variables y restricciones. Las variantes o tipologías más conocidas teniendo en cuenta las consideraciones de los autores citados anteriormente sumados a Gandía Nevado [2007], Sandoya Fernández [2007], Ruiz Moncada [2006] se muestran en la tabla 1.3 y en el anexo 5.

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

Teniendo en cuenta el objeto de estudio práctico seleccionado en el mismo se pueden presentar algunas de estas tipologías como: *SVRP* y *CVRP*.

Asociado al *VRP* existe un aspecto que aparece abordado en muchas de las literaturas citadas, se trata de la sectorización, entendiéndose por esta, según conclusiones de la autora, que puede estar referida a tipos de productos, tipos de clientes, zonas geográficas o la combinación de estos. La solución a esta necesidad, en muchos sistemas de rutas se encuentra en los conocidos métodos de clasificación, entre estos han encontrado gran uso los métodos de *clustering* y el del barrido. En la presente investigación se procederá, en los casos en que proceda, al uso de algunos de estos u otros a fines con el objeto de estudio seleccionado.

1.6.1. Complejidad computacional y el ruteo de vehículos

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

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

La clase de **problemas NP** es el conjunto de todos los problemas de decisión que pueden ser resueltos por algoritmos no deterministas en tiempo polinómico. Entre esta clase y la clase P existe una estrecha relación y la igualdad o desigualdad entre ellas se

ha convertido en un problema famoso que no se ha podido probar [Torres, 2007; Wikipedia, 2009].

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

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

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

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

1.7. Situación actual del ruteo en ETECSA y en el objeto de estudio

El proceso de ruteo en la dirección territorial de ETECSA en Villa Clara no está estructurado con un enfoque al cliente e impera en su realización la subjetividad y el empirismo por parte de los responsables. 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 al proceso de atención a interrupciones del cliente 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 Interrupciones pendientes (aumento de los Reportes Iniciales (RI)), uno de los principales inductores de la Calidad del Servicio en el territorio.

En estos análisis se hace énfasis en eliminar el llamado cruceteo 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 zonas y asignarlas por parejas de reparadores. El incremento de la productividad laboral en este sentido ha sido enorme, en comparación a la situación anterior donde las órdenes 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 de Santa Clara, 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 de reparación. 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.

1.8. 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

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

Fuente: Cespón Castro, R. & Amador Orellana, M. [2003].

Para realizar una distribución adecuada se debe seguir una serie de pasos generales, estos se muestran a continuación:

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.

1.8.1 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 hacia gran cantidad de nodos en todo el municipio de Santa Clara.

1.8.2. 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 decisores, 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 decisor.
- 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 Marrero Delgado [2001], autores como Hampton [1989], 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], han abordado sistemas de procedimientos a seguir para la toma de decisiones, pero todos, de una forma u otra, coinciden en que es necesario acometer el procedimiento reflejado en anexo 6.

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.

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

Carácter múltiple de:	Métodos
Objetivos	Programación Multiobjetivo
	Extensiones de la Programación Multiobjetivo: • Programación Compromiso
Metas	Programación por Metas
	Extensiones de la Programación por Metas: • Programación por Metas MINIMAX • Programación Multimetas
Atributos	Modelos no compensatorios • Dominación • Satisfacción (conjuntiva y disyuntiva) • Lexicografía • MaxiMin • Máximas
	Modelos compensatorios • Utilidad Aditiva • Utilidad Configural

Fuente: Marrero Delgado [2001].

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.

1.10. Conclusiones parciales

1. La revisión bibliográfica ha constatado que diferentes autores han trabajado en la toma de decisiones y son varios los procedimientos creados, pero esencialmente todos concuerdan con el propuesto en la presente investigación.
2. La SCM se ha convertido en una de las estrategias de la Logística más utilizadas en el entorno empresarial moderno, la aplicación de la misma en el enfoque a los clientes ha hecho de esta una de las más efectivas vías para logra un NSC superior y nuevas ventajas competitivas para la organización.
3. El concepto de Logística ha evolucionado deviniendo hoy en día, al decir de varios autores e instituciones de importancia, y en buena medida debido al auge de la SCM como filosofía de gestión y como un grado superior de integración, sólo una parte de la misma, y ha incluido más recientemente dentro de sus objetivos al medio ambiente y el aumento constante de la competitividad.
4. La aplicación de las técnicas multicriterio en el ruteo de vehículos es un tema con pocos precedentes, pero es un enfoque que ha probado ser de gran utilidad, al conjugar criterios importantes que en la práctica pueden entrar en conflicto y que conllevan, según sus prioridades, a recorrer la ruta en una secuencia determinada, contribuyendo a cumplir con los objetivos de la cadena y los clientes.
5. El desarrollo de herramientas metodológicas que guíen el proceso de diseño, implementación y control de rutas es un tema inexplorado en la Dirección Territorial de ETECSA en Villa Clara, por tanto la presente investigación constituye una novedad científica en la búsqueda de fuentes eficientes de reducción de costos y satisfacción de los consumidores finales.
6. En relación con las investigaciones consultadas, se llega a la conclusión que la atención se ha centrado más y más en el uso de heurísticas, aplicadas a la toma de decisiones multicriterio para el diseño de rutas de distribución.
7. El área de las técnicas metaheurísticas ha sido objeto de estudios intensivos en las últimas décadas, en las cuales se han propuesto nuevas y poderosas técnicas para resolver problemas complejos.

Capítulo 2. Procedimiento general para el diseño, implantación y control de rutas para el caso de los servicios de atención a interrupciones de los clientes

2.1. Introducción

En el presente capítulo se desarrolla un procedimiento general, que a la par de un conjunto de procedimientos específicos, permite diseñar, implantar y controlar las rutas para el caso de los servicios 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 *KPI* utilizados en el **IINDD**, como elementos claves del diagnóstico.

Objetivos del procedimiento:

El objetivo general del procedimiento es: el diseño, implantación y control de las rutas, a partir del enfoque multicriterio, en 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, a la par de la aplicación de un *software* que facilite el mismo.
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 de refrescos del país.
3. Aprendizaje: Contempla métodos de trabajo en grupo, encuestas y métodos de expertos para la selección de criterios de decisión, de factores para evaluar estos y la determinación de sus importancias relativas. Para lograr el consenso entre los involucrados en estos procesos, se requiere de su capacitación en las técnicas a aplicar y del ejercicio del método en reiteradas ocasiones.
4. Parsimonia: La estructuración del procedimiento, su consistencia lógica y flexibilidad permiten llevar a cabo un proceso complejo de forma relativamente simple.
5. Flexibilidad: La posibilidad que tiene de aplicarse a otras cadenas con características no necesariamente idénticas a 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 u órdenes en la atención de los nodos.

El procedimiento general, debido a la variabilidad en los clientes que demandan el servicio de reparación, 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.

Se han considerado en la investigación, las diferentes tipologías de ruteo de vehículos existentes en la literatura más reciente, llegando a unir en la propuesta, lo cual además ha estado influenciado por un análisis exhaustivo de las tendencias de autores que

trabajan el tema del ruteo, elementos de muchas de estas por cuanto se tributa con ello a una mayor aplicabilidad y generalidad de las herramientas.

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**.

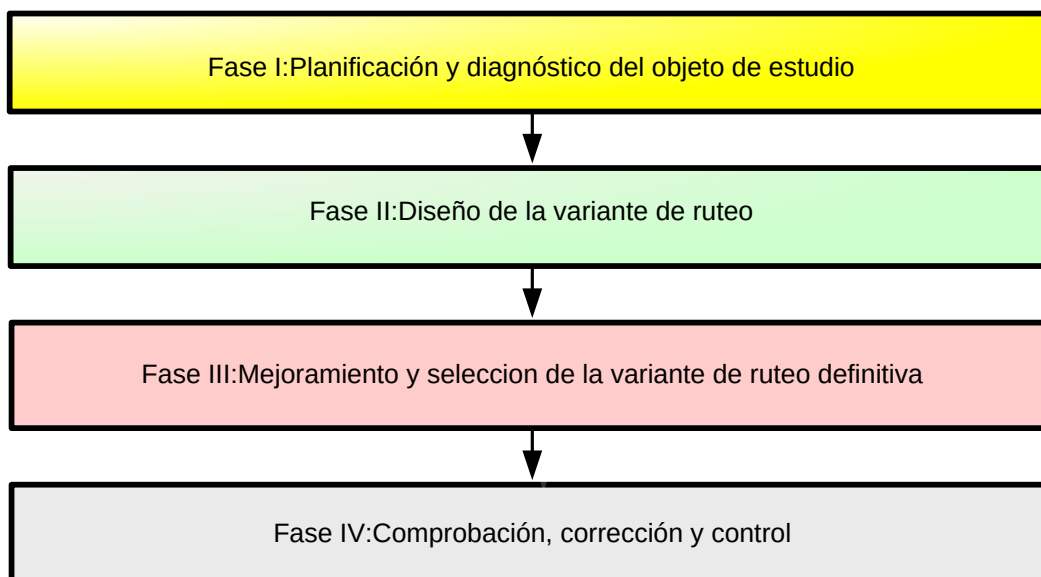


Figura 2.1. Procedimiento general manifestado en fases.

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 y por último a la comprobación, corrección y control de los resultados de la investigación. A continuación se describen cada una de las fases y etapas del procedimiento general propuesto en detalle, véase figura 2.1 donde cada color representa cada fase descrita.

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. Podrían 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 7.1 del anexo 7. 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 los clientes que requieren el servicio de atención a interrupciones pertenecientes al área de distribución seleccionada en la etapa anterior del procedimiento. Dichos clientes pasarán a ser los nodos a atender en la ruta a trazar para ese día.

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. Se elabora además el cronograma de trabajo y se explican los objetivos al personal implicado en el servicio logrando el necesario grado de compromiso de éste. 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.

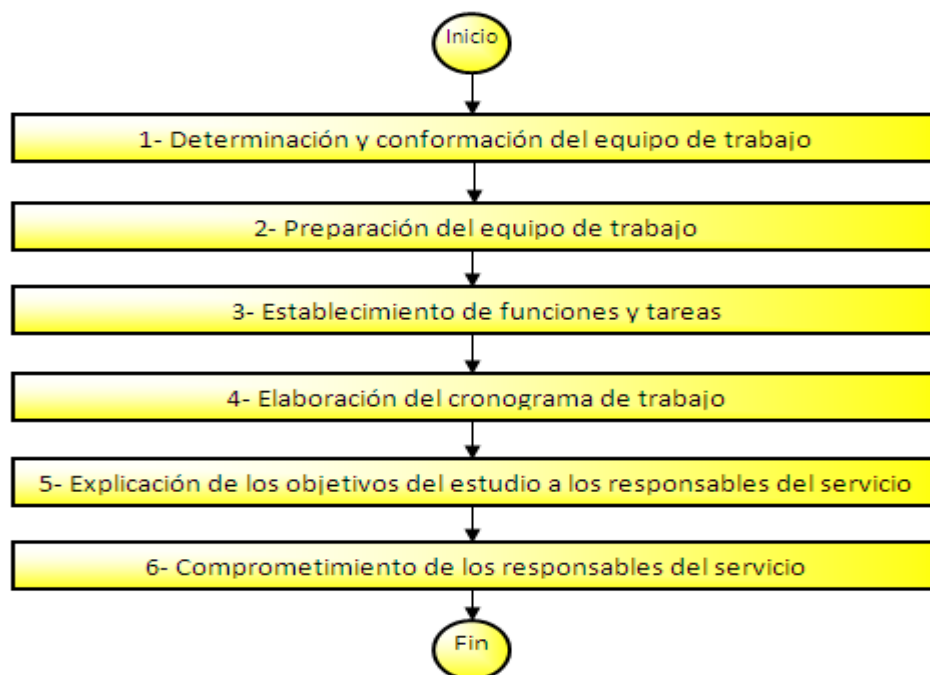


Figura 2.2. Procedimiento específico para la preparación del estudio. Fuente: modificado a partir de Ruiz Moreno [2009].

Etapas 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 Marrero Delgado [2001] y los aportes realizados al procedimiento se sustentan en la añadidura 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 del servicio de atención a interrupciones de los clientes, 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.

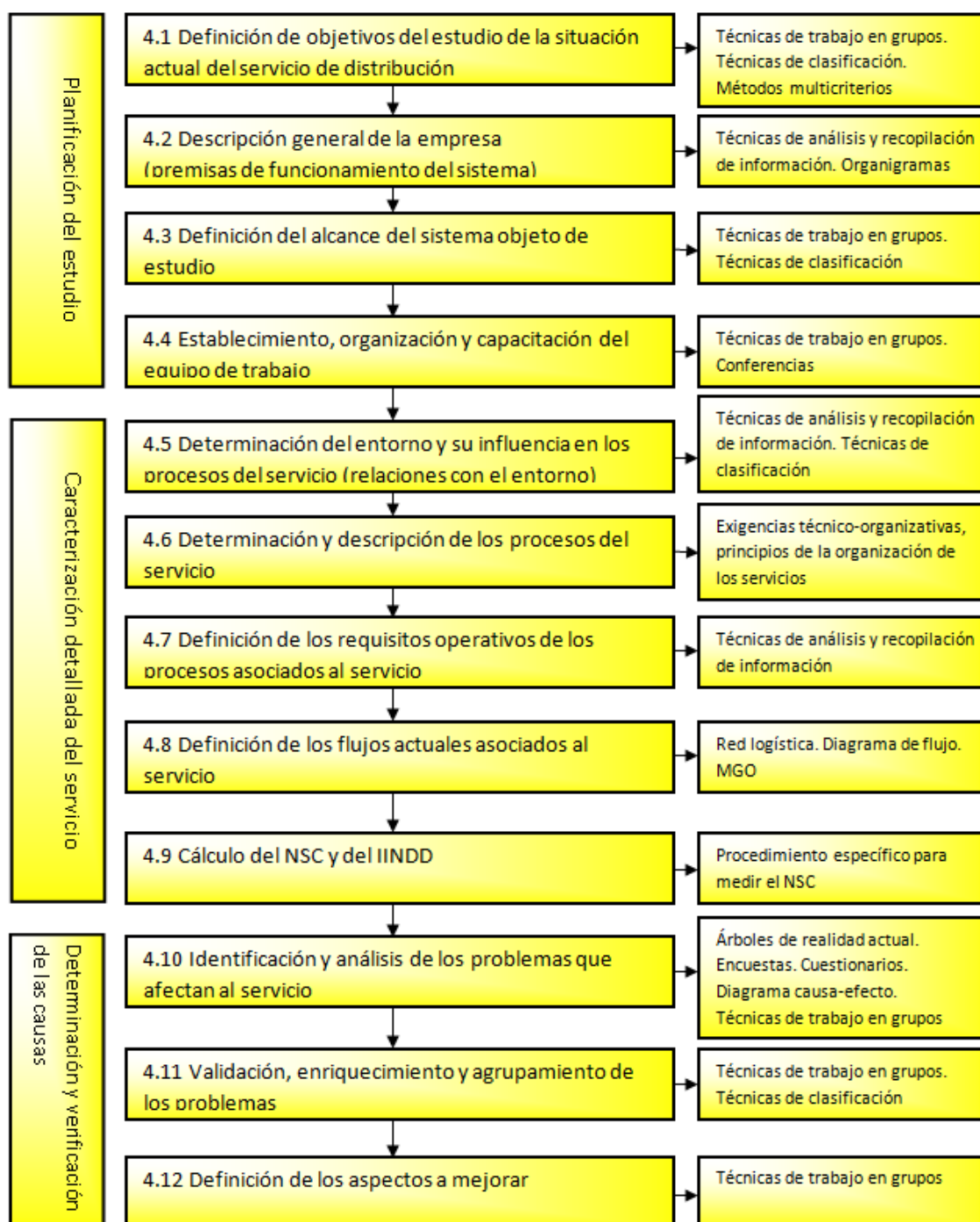


Figura 2.3. Procedimiento específico para el diagnóstico. Fuente: modificado a partir de Marrero Delgado [2001].

Luego se pasa al subsistema de distribución donde se debe analizar las características de los clientes, estado de segmentación, gestión del transporte y gestión de inventarios 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.

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

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

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

validación realizada por el autor referenciado.

4.9.9. Medir el estado de cada elemento a través de su evaluación, basado en la escala de valores elaborada en el paso anterior, de modo que se relacione, el criterio de los clientes (personal encuestado, pudiesen ser los expertos) manifestado a través del valor V_o con respecto a lo medido de manera objetiva, V_r , definiendo valores numéricos, en una escala de 1 a 5 a modo de ejemplo, donde el menor pudiese ser la situación más desfavorable y el mayor el mejor resultado o viceversa, según lo determine el investigador o equipo de trabajo.

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

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

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

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

Ciclo pedido-entrega

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

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_o), entonces se medirá el tiempo real del objeto de estudio (t_m) y la puntuación se asignará en función de la tabla 2.1 propuesta por Conejero González [2007].

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

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

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

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

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

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

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 T_m medido

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

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 t_i , el tiempo real medido se representa como t_m .

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

Algunas de las expresiones a utilizar en este Trabajo de Diploma ya sea de manera manual o implícitas en un *software* y algunos aspectos a considerar en la aplicación de las mismas para, (1) la determinación de la cantidad óptima de expertos, (2) la determinación del coeficiente de competencias de los expertos, (3) la homogenización de las matrices de decisión (4) la normalización de las matrices de decisión, (5) el cálculo del peso de cada uno de los criterios y (6) método multicriterio a utilizar, se presentan en el anexo 7.

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 8 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:

- a. Costo total de distribución: Es la suma de los costos en que se incurre en la distribución, o al menos de tantos elementos de costo como sea posible, entre ellos: depreciación del activo fijo, mano de obra, combustible, lubricantes, etc.
- b. Envíos: Se entiende por envío el llevar productos a cada nodo/cliente (100 clientes = 100 envíos)
- c. 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.
- d. 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 choferes o indisciplinas de los mismos en sus recorridos.
- e. 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.
- f. 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 los 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 8 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 $k=1, \overline{p}$ y $r=1, \overline{c}$, 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.

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

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

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

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

$$\text{pero } \sum_r W_r = 1 \quad r = 1(^n)c, \text{ por lo tanto: } CM = 1 \quad (2.4)$$

$$C_r = \sum_k W_{rk} * \left(\frac{E_{rk-\text{práctico}}}{E_{rk-\text{teórico}}} \right) \quad r = 1(^n)c \text{ y } k = 1(^n) \quad (2.5)$$

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

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

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

n – Cantidad de criterios a utilizar en la evaluación

m_j – Cantidad de factores correspondientes al criterio j

Fuente: elaboración propia previa consulta de Marrero Delgado [2001], Knudsen González [2005] & Torres Guirola [2007].

Determinación del IINDD

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

Sébase que a modo de homogenización el cociente de E_{rk} práctico/teórico, concebido para máximo, se invierte según varíe el sentido de optimalidad para el indicador k . En caso de que alguna de las relaciones antes citadas sobrepase el valor 1, trátase de un

caso de mínimo o máximo, se estaría en presencia de una anomalía que bien pudiese haber estado dada por una mala planificación del indicador lo cual pudiese constituir, por su importancia en ciclo de mejora continua, véase Hernández Maden [1997], una recomendación de la investigación por salirse del marco de los objetivos de la misma.

Valoración del comportamiento del indicador IINDD

En este paso se realizan las valoraciones correspondientes al comportamiento del indicador. Resulta bastante difícil establecer unos límites para decidir integralmente si el nivel de desempeño de la distribución es alto, medio o bajo, por cuanto no existen referencias anteriores del cálculo de este indicador; no obstante ello, se consideró que aún en lo absoluto o comparada sólo con períodos anteriores de desempeño de los sistemas objeto de estudio, y mientras no sea creada una base referencial o de comparación, su cálculo permite contar con una “herramienta” útil en manos del directivo para la evaluación de la gestión de este proceso y para realizar su auditoría. En una primera aproximación, se realizó una evaluación, tomando como base los criterios de diferentes expertos con total consenso, para construir una escala. Esta fue: Muy bueno (1,00-0,92); Bueno (0,91-0,82); Regular o Medio (0,81-0,72); Malo (0,71-0,61); Muy malo (inferior a 0,61). Una vez obtenido el indicador, se estará en condiciones de evaluar las potencialidades 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 de la presente investigación, la complejidad de cómputo que pudiese presentar el caso objeto de estudio. Para estos fines en la investigación se usan elementos muy comprensibles que usualmente están asociados al comportamiento de la complejidad de los problemas de ruteo, cítense: (1)

número de restricciones, (2) número de variables, (3) existencia de no linealidades, (4) existencia de no convexidades, (5) número de ventanas de tiempo, (6), estrechez de las ventanas de tiempo, (7) número de nodos, entre otras, para cada una de estas existen algunas métricas también plasmadas en el capítulo 1.

Etapas 8: clasificación del problema según la tipología definida y usada en la investigación

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

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.

Etapas 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 nodos/clientes en conjugación con la calidad del servicio, a la capacidad de los medios en conjugación con la demanda, a las ventanas de tiempo, al tiempo servicio en los nodos.

Sépanse 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.

Etapas 11: sectorización de clientes

En los diferentes grupos de clientes pudiesen coexistir sectores de distribución diferentes, entendiéndose por sector de distribución o bien nodos o zonas geográficas o tipo de servicio 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.

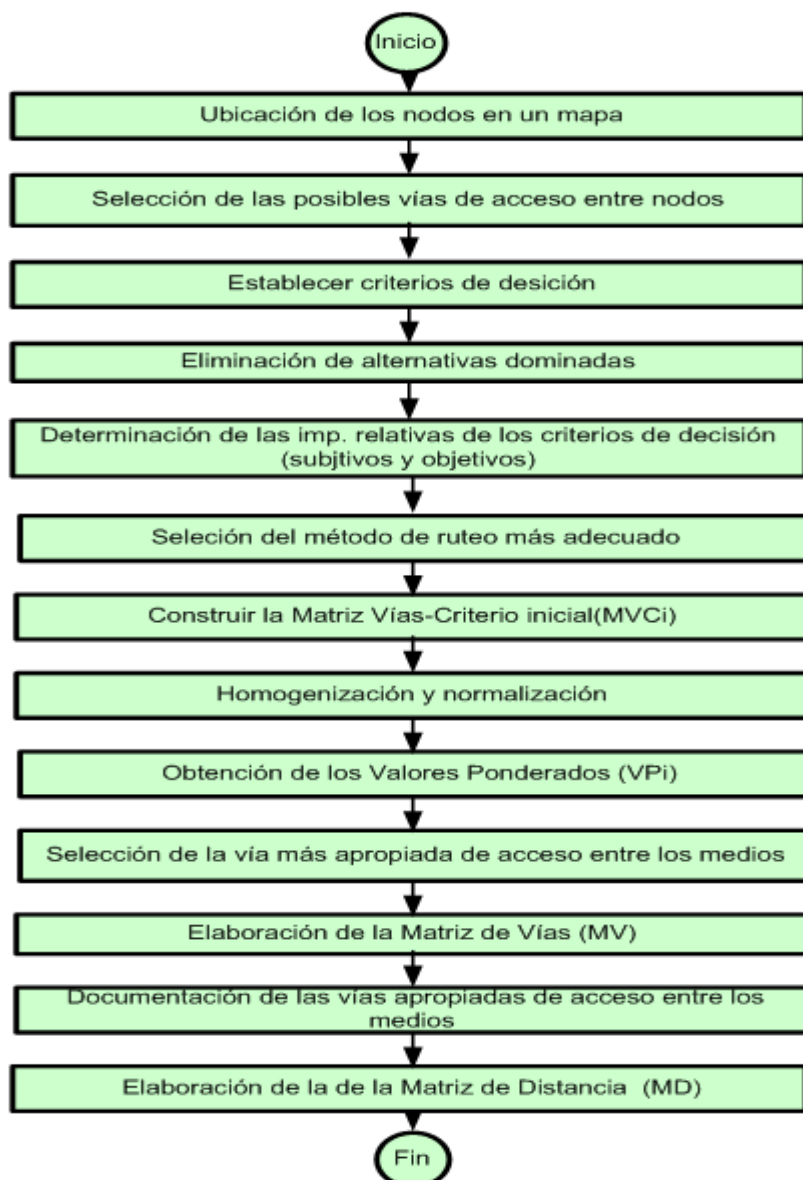
Etapas 12: selección de vías como base a la elaboración de las matrices de vías y distancia

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]

La elaboración de la matriz de vías se justifica por el hecho de que en ella se plasman las vías de acceso definitivas entre los nodos/clientes de la red. Es importante aclarar que el camino mejor entre nodos será aquel, que de acuerdo a un conjunto de criterios, prime al aplicar un producto ponderado u algún otro método multicriterio. La matriz de distancias reviste singular importancia por cuanto de ella se extrae parte de la información requerida para la obtención del valor ponderado VP (valor que resulta de la aplicación del método multicriterio). En la Figura 2.4 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.**

Etapas 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.

Etapas 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.

Séase que $r = \overline{1, c}$. Véanse expresiones 7.4, 7.5, 7.6. y 7.7 del anexo 7.

Etapas 15: construcción de la matriz inicial de nodos/clientes -criterios (MNC_i)

Se plasma en una matriz (MNC_i), donde $i = \overline{1, m}$, los valores de cada uno de los nodos/clientes (l) atendiendo a cada criterio (r). Séase 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 $NC_{l, r}$.

Etapas 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 7.2., 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 7.3., 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.

Etapas 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 7.8.

Etapas 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 MNC_i , 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 nodos/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 del nodo en función de la GTMC. Si parte de la demanda del nodo 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 nodo inicial de la ruta multinodos próxima a formar, esto implica que no se actualice la matriz para acceder nuevamente a él, una vez satisfecha su demanda se actualiza la MNC_i y se seguirá eligiendo el siguiente mejor VP.

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

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

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

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

Etapla 27: búsqueda local de soluciones alternativas

Sucede que la mayoría de los algoritmos heurísticos o metaheurísticos para la solución del VRP, constan de una fase en la cual se procede, en búsqueda de la ruptura de los óptimos locales en los que comúnmente se estanca la solución, a la búsqueda local de soluciones alternativas. Para estos fines se presenta un **Procedimiento específico para la búsqueda local de soluciones alternativas** que 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.

Etapla 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.

Etapla 2: selección de los operadores vecindarios más apropiados

En el anexo 9 aparecen los operadores vecindarios a usar en una primera aproximación en la investigación.

En un principio parecería redundante implementar todos estos operadores ya que los operadores generales de cada caso, ver anexo 9, 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.

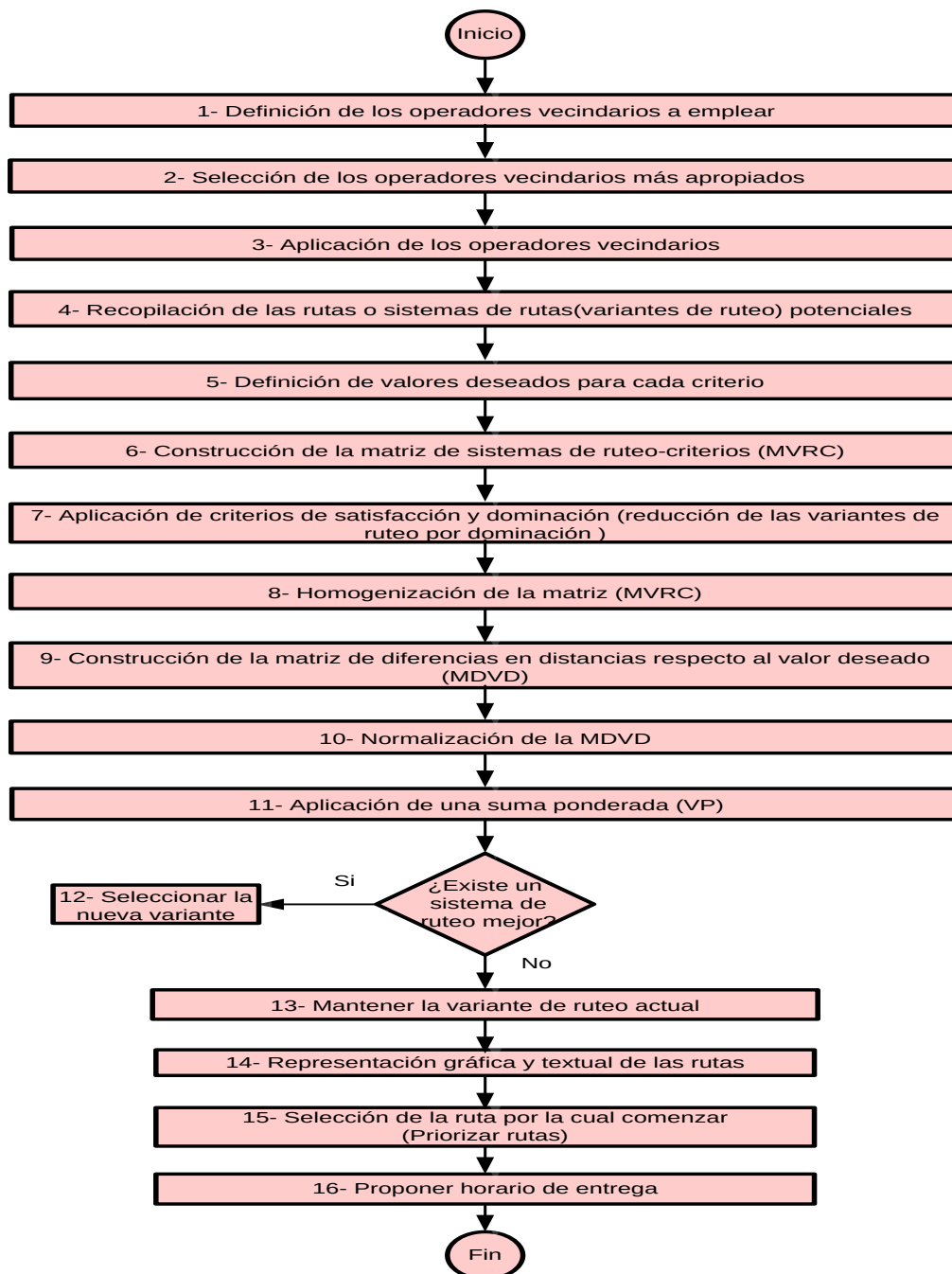


Figura 2.5. Procedimiento específico para la búsqueda local de soluciones alternativas. Fuente: Ruiz Moreno [2009]

Etapas 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.

Etapas 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.

Etapas 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.

Etapas 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.

Etapas 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).

Etapas 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.

Etapas 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.

Etapas 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).

Etapas 11: aplicación de un producto ponderado

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

Etapas 12: seleccionar nueva variante

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

Etapas 13: mantener la variante de ruteo inicial o actual

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

Etapas 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.

Etapas 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.

Etapas 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**Etapas 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 topes y puntos del chequeo a lo largo del plan).
- Identificación de restricciones (financieras, humanas o legales).
- Cálculo de datos y holguras (Cálculo de las fechas más tempranas y más tardías de inicio y fin de cada actividad).
- Declaración financiera (identificando la magnitud y registrando las inversiones necesarias y economías esperadas).
- Identificación de riesgos.
- Plan de auditoría.

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

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

Etap 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 10.

2.4. Conclusiones parciales

1. El procedimiento general, enriquecido con varios procedimientos específicos, aborda a través del paradigma multicriterio el ruteo de vehículos, eliminando el

subjetivismo y empirismo en la toma de decisiones que prevalece en los procesos presentes en la Dirección territorial de ETECSA en Villa Clara.

2. Se aportó un **Procedimiento específico para el diagnóstico** basado en el homólogo presentado en el trabajo doctoral de Marrero Delgado [2001], debido a las necesidades de obtención de información para el estudio. Los aspectos añadidos al mismo resultaron ser el cálculo del NSC y del **IINDD**, modificados a partir de Delgado Sobrino [2001], estos elementos fueron concebidos para revelar el estado de los servicios de atención a interrupciones antes y después de la aplicación de las herramientas propuestas, mostrando de esa manera la influencia del ruteo de vehículos en éstos. Por otra parte, el mismo fue concebido tal que sirviese tanto para cadenas de suministros como para entidades no orientadas a esta filosofía.
3. Se reestructuró y argumentó en detalle un **Procedimiento específico para determinar el NSC**, obtenido a partir de resultados de Conejero González [2007].
4. Se desarrolla un **Procedimiento específico para la preparación del estudio**, modificado a partir de Ruiz Moreno [2009], el cual permite que se sienten las bases organizativas para la realización hasta la implantación y control de las herramientas propuestas.
5. Se desarrolla una etapa para la determinación de la demanda del servicio, como base para la sectorización de los clientes y la definición de nodos.

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

3.1. Introducción

En el presente capítulo se exponen algunos de los resultados obtenidos luego de la aplicación parcial del procedimiento general para el diseño, implantación y control 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, por solo citar los más importantes, (1) revelar el estado actual del servicio midiendo el NSC y un conjunto de *KPI* que componen el **IINDD** propuesto, (2) diseñar multicriterialmente las rutas de distribución en la Dirección territorial de ETECSA en Villa Clara a partir de las matrices de vías y distancias entre nodos. El estudio tiene como objeto de aplicación los servicios de atención a interrupciones de los clientes, el mismo se ha considerado pertinente para los fines ya citados que se persiguen en el capítulo.

3.2. Aplicación del Procedimiento general para el diseño, implantación y control de rutas en el servicio de atención a interrupciones de los clientes

A continuación se aborda 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, la implantación de éste y el control, 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

Los objetivos del estudio, teniendo en cuenta la situación actual de la distribución en la Dirección territorial de ETECSA en Villa Clara, están orientados a resolver el problema científico de la investigación y se enmarcan primeramente en seleccionar el servicio a estudiar, al cual se le realizará un diagnóstico tal que se detecten los problemas existentes y con ello poder tener una mejor comprensión de su estado actual y poder conocer cómo afectan dichos problemas el desempeño del mismo y cómo atentan contra un buen NSC, todo esto conllevaría a poder actuar en consecuencia, aplicando el resto del 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 y la implantación y control de éstas, por la repercusión de las mismas en el NSC y el **IINDD** propuesto.

Etapas 2: selección del área de distribución objeto de estudio

El área del centro de la ciudad fue la escogida por los expertos para trazar la ruta de distribución de un día de trabajo. Esta área comprende diferentes instituciones de interés gubernamental y 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. En el anexo 11 se muestra de manera gráfica la región seleccionada.

Etapas 3: determinación de la demanda del servicio

En esta etapa se selecciona la demanda de un día de trabajo para definir los nodos 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: preparación del estudio

El autor, en los inicios de la investigación, se reunió 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.

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), 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 de la República de Cuba.

Tiene la **misión** de proporcionar servicios y soluciones integrales de Telecomunicaciones a los clientes, usuarios y a la sociedad cubana mediante una gestión enfocada hacia la calidad total, con un continuo desarrollo del capital humano y el empleo de redes de adecuada tecnología.

Su **visión** es ser una empresa que avanza en la obtención de estándares internacionales, caracterizada por una buena atención a sus clientes y usuarios, que basa su gestión en la profesionalidad de su capital humano, con un enfoque hacia la búsqueda de la calidad total, con amplio apoyo al desarrollo socioeconómico del país y un elevado reconocimiento social.

El área de Desarrollo y operaciones de la red, ver su estructura organizativa en el anexo 13, 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 objeto de estudio. 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 de Santa Clara, ver su estructura organizativa en el anexo 14, con una significativa concentración de clientes por extensión geográfica, lo que por consiguiente implica que existan grandes cantidades de rutas y gran cantidad de nodos a atender. Estos nodos en la mayoría de los casos no son estratos homogéneos por cuanto en ellos, existen y varían criterios de decisión múltiples que pueden llevar constantemente a un rediseño del orden de visita a los mismos en la ruta.

Para una mejor distribución del servicio, la ciudad de Santa Clara se dividió en 9 áreas que son atendidas por un total de 14 parejas de reparadores.

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)
- Traslados, facilidades, etcétera

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 objeto de estudio.

Para el establecimiento, organización y capacitación del equipo de estudio se determinó el número de expertos necesarios, para ello se utilizó la expresión 7.1 del anexo 7. 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.

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 experimentados y capacitados. El autor de la presente investigación se reunió con los mismos, 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 18, los resultados pueden ser encontrados en el anexo 19.

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

Análisis de las relaciones con el entorno

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 crecientes 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 114, que es el servicio telefónico destinado para atender estos hechos. 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 de Santa Clara, los que no tienen utilidad se envían a la Empresa provincial de materias primas para su reciclaje, estas medidas permiten ofrecer un servicio limpio, sin implicaciones nocivas para el entorno.

Análisis del subsistema de aprovisionamiento

El aprovisionamiento de los materiales necesarios para brindar el servicio (cajas conectoras, cables, RJ7 y RJ11. bajante interior, Mondragón. Eureka y teléfonos) comienza con la solicitud de los mismos a los almacenes de la Dirección nacional de ETECSA en la capital. El pedido se realiza en función del punto de reaprovisionamiento determinado en la gestión de inventario de los almacenes de la provincia, los materiales se reciben en el almacén central de la Dirección territorial de Villa Clara y luego se transfiere la cantidad correspondiente al almacén del Centro de telecomunicaciones de Santa Clara, donde es almacenada de acuerdo a las especificaciones requeridas por cada producto. Solo el trayecto entre los dos almacenes de la provincia se realiza con medios pertenecientes a la Dirección Territorial de ETECSA en Villa Clara, que es la responsable del servicio objeto de estudio, el transporte desde la Habana pertenece a la Dirección nacional de dicha empresa.

Análisis del subsistema de distribución

Los materiales, una vez almacenados, esperan por la solicitud de los clientes para ser despachados a los reparadores. Cada una de las 9 áreas en que se encuentran distribuidas las parejas de reparadores recibe los materiales del almacén del Centro de telecomunicaciones de Santa Clara. 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, aunque si puede excederla en relación al tiempo de servicio.

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 materias primas.

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 en Villa Clara y esta entidad regula su entrega a los reparadores que las utilizarán en el proceso de reparación propiamente dicho. 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 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 de Santa Clara. El proveedor hace la factura de precio del suministro y la envía a la Dirección territorial, ésta la envía posteriormente al Departamento de finanzas. Una vez recopilados los datos de la demanda diaria, a través del servicio de la operadora del 114, se emite un informe al almacén, donde son despachados los materiales en relación a las especificaciones de los servicios demandados. En caso de existir alguna irregularidad durante la distribución u otro subsistema, los clientes realizan reclamaciones y quejas a la empresa donde se analizan las mismas, se les da respuesta a los clientes y se solucionan los problemas existentes, en caso de ser posible.

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 asociado al servicio objeto de estudio. 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 entrega 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 7.1 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 19.

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

Expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	Σa_{ij}	W_i	D	D^2
Criterios												
Ciclo Pedido-Entrega	5	5	4	5	5	5	4	5	38	0.32	14	196
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
Total									120	1.00		542

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:

H₀: no hay concordancia entre las opiniones emitidas por los expertos.

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

El resultado arrojado del SPSS aplicando la prueba de Kendall:

$W = 0.846875 > 0,50$ Aceptable

Cumplimiento de la Región Crítica:

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

$S \text{ tabulado (182.7)} < S \text{ calculado (542)}$

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, ver anexo 20, obteniéndose los resultados que aparecen en la tabla 3.2. 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. Valores óptimos según la opinión de los expertos y valores medidos

Elementos	Valores óptimos	Valores actuales
Ciclo Pedido-Entrega (h)	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 3.3. Las tablas con estos intervalos están referenciadas en el capítulo 2 de la presente investigación.

Tabla 3.3. 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	1.00						3.78

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

El valor de 75.6 % es considerado bajo, 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 8. Los datos auxiliares utilizados pueden ser vistos en el anexo 22.

Cálculo del IINDD

$$IINDD = (0.2900 * 0.9190) + (0.1700 * 0.8770) + (0.2900 * 0.657) + (0.2500 * 0.9280)$$

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 21 de la presente investigación, así como los pesos de los mismos se muestran en el anexo 23.

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 y materias primas 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 materias primas y materiales, lo que da al traste con 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.

Etapas 6: determinación, selección y preparación de expertos

Para la determinación del número de expertos se procedió de forma similar a la aplicada en la Fase I del procedimiento específico de diagnóstico, donde el número de expertos fue de 8. La determinación del índice de competencias fue satisfactoria para dichos expertos. Tales valores podrán ser vistos en el anexo 19.

Etapas 7: análisis de la complejidad computacional del problema

La complejidad computacional del caso objeto de estudio práctico seleccionado, siendo consecuente con lo 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 nodos, a no linealidades o convexidades, etc., resultó ser NP-hard. Esto justifica el uso de procedimientos heurísticos lo más acertados posibles que, evitando estancarse en óptimos locales, permitan alcanzar las soluciones deseadas en un tiempo computacionalmente prudencial.

Etapas 8: clasificación del problema según la tipología definida y usada en la investigación

Según la tipología definida en el capítulo I de esta tesis, el problema de la investigación es clasificado como (1) *CVRP* debido a que las entregas a cada nodo de las rutas no excede la capacidad del grupo de trabajo y (2) *SVRP* debido a que algunas variables como los clientes, la demanda, el tiempo de servicio y de viaje son aleatorias y varían con el tiempo.

Etapas 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.

Etapas 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.

Etapas 11: sectorización de clientes

La Dirección territorial de ETECSA tiene todos los clientes de Santa Clara sectorizados en 9 áreas para la distribución del servicio. En el presente estudio se tomó como muestra la zona centro de la ciudad.

Etapas 12: selección de vías como base a la elaboración de las matrices de vías y distancia

Cada manzana dentro del área seleccionada constituye un nodo. Los servicios a atender deberán ser ubicados en su nodo 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, ver anexo 25, y confeccionar las matrices de vías y distancias solo con los nodos que se activen con ella.

La matriz de vías se obtuvo a través de la utilización de mapas y programas informáticos como **Google Earth 2008**, **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 correspondientes a cada una de éstas, la matriz de distancias se ha derivado de ella. Para mejor comprensión véanse los anexos 26 y 27.

Es necesario recomendar la confección de dichas matrices con todos los nodos posibles existentes en el área de distribución.

Etapas 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 las fuentes de obtención de criterios antes citadas, 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 nodos de la ruta

CRITERIOS DE VÍAS	CRITERIOS PARA LA CONFORMACIÓN DE RUTAS
Velocidad de operación	Distancia
Distancia	Tipo de cliente
Calidad de la vía	Tareas a ejecutar
Tráfico	
Retardo (Relieve)	

Fuente: Elaboración propia según consenso de los expertos.

Algunos de estos criterios como es el caso de Calidad de la vía y Tráfico, cuyas calificaciones fueron aportadas por la Dirección de tránsito del municipio de Santa Clara, 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. Los valores

de velocidad de operación de las vías también fueron gestionados a través de la Dirección provincial de tránsito.

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 nodo 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 el anexo 16).
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 el anexo 17).

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 24.

Etapas 14 a la 31

Al no construirse la matriz inicial de nodos/clientes- criterios (MNC_i) 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.

3.3. Conclusiones parciales

1. Se aplicó un procedimiento específico de diagnóstico mediante el cual se pudo detallar el estado actual de la distribución del servicio de atención a interrupciones, resaltando en esta, el empirismo y subjetividad en la toma de decisiones. Este

diagnóstico se valió del cálculo del NSC y el **IINDD** cuyos resultados obtenidos fueron de 75.6% y 83.80% respectivamente, regulares en ambos casos.

2. Mediante un procedimiento específico para selección de vías como base a la elaboración de las matrices de vías y distancia quedó definida de manera parcial, teniendo en cuenta la demanda del servicio para un día de trabajo y como una muestra las matrices de vías y distancias, estas sirven de base invariable al posterior diseño de las rutas.
3. Se aplicaron las distintas etapas del procedimiento general propuesto hasta donde la falta de herramientas computacionales y el tiempo del cual se dispuso para la investigación lo permitieron, quedando de esta manera sentadas las bases para la culminación en estudios posteriores.

Conclusiones generales

1. El estudio bibliográfico realizado, asociado a la construcción del Marco teórico-referencial de la investigación, confirma la existencia de una amplia base conceptual sobre la Logística y sus aplicaciones y sobre el paradigma multicriterio como una alternativa más cercana a la realidad en los procesos de toma decisiones. Sin embargo, se hallaron muy pocos precedentes, en la bibliografía consultada, de la integración de la Logística con el enfoque multicriterio, en lo que respecta al ruteo de vehículos y ninguno para la empresa analizada.
2. En el contexto de la investigación realizada en este Trabajo de Diploma, quedó demostrado que la toma de decisiones con enfoque logístico, esencialmente en el ruteo de vehículos del servicio de atención a interrupciones de los clientes, requiere ser realizada bajo nuevos conceptos e instrumentos metodológicos que permitan integrar los conocimientos teóricos, con aquellos de carácter práctico aportados por los especialistas que laboran en este proceso, considerando la solución del problema en toda su complejidad.
3. En la investigación se pudo demostrar la factibilidad de aplicación de las herramientas propuestas a través de la puesta en práctica de éstas en el servicio seleccionado, mostrándose resultados fiables en los cálculos del **IINDD** y del NSC, así como en la confección de las matrices de vías y distancias y en el nivel de detalle logrado con el diagnóstico, donde se comprobó que el problema fundamental que presenta el servicio objeto de estudio práctico es la ineficiencia en el ruteo de vehículos.
4. El indicador **IINDD**, con una estructura multicriterio dada por las diferentes dimensiones e indicadores que lo componen y obtenido como resultado de esta investigación, permite determinar el nivel de desempeño de la distribución. Este indicador mostró un comportamiento regular en la situación actual del servicio analizado teniendo en cuenta los criterios emitidos por el grupo de expertos.
5. El procedimiento general y los procedimientos específicos que lo integran, tales como: el diagnóstico del objeto de estudio, la determinación del NSC, la selección de vías con enfoque multicriterio, entre otros, constituyen una herramienta útil para el mejoramiento del desempeño de los procesos logísticos en empresas similares y son, por consiguiente, un elemento de consideración en la reducción de costos y el incremento del NSC, por la conformación de mejores rutas.

Recomendaciones

1. Diseñar un software, en etapas posteriores, que apoye el procedimiento de diseño, implantación y control de rutas propuesto en la investigación.
2. Contribuir en investigaciones futuras a determinar las capacidades de los procesos logísticos identificados y diseñados con el enfoque en procesos, como elemento esencial para, mediante la sincronización de las mismas, lograr reducir los costos en las cadenas objeto de estudio práctico.
3. Lograr una mayor autonomía, por parte de la Dirección territorial de ETECSA en Villa Clara, en relación a la selección e intercambio con los proveedores, propiciando un mejor funcionamiento del flujo de materiales asociado al servicio.
4. Utilizar la tecnología de GPS para controlar el recorrido de los vehículos una vez confeccionadas las rutas.
5. Rediseñar la segmentación de las áreas de distribución, ya que en la actualidad existen diferencias significativas en la densidad tecnológica y telefónica de estas.
6. Implementar, en futuras investigaciones, las etapas del procedimiento general que, debido a la complejidad de las mismas, al tiempo que requieren y la no existencia de un *software* profesional que ayude a la confección de algunas de estas, no fue posible desarrollar en el presente Trabajo de diploma; para de esta forma llegar a los resultados finales de esta investigación.
7. Hacer énfasis, dentro del servicio seleccionado, en 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.
8. Buscar alternativas para determinar, en aras de eliminar la subjetividad en la toma de decisiones, el tiempo invertido en los diferentes servicios brindados por los reparadores, tal que con ello el tiempo pueda ser considerado como otra restricción o criterio de parada en el sistema de ruteo.
9. Extender a otros servicios de distribución brindados por la empresa, la aplicación del procedimiento propuesto en la investigación.

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
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://caterina.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.
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. Ciberneta [2009]. Heurística. Tesis doctorales. Disponible en el sitio:
http://www.ciberneta.com/tesis_es/MATEMATICAS/CIENCIA_DE_LOS_ORDENADORES/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.
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://gestionemprendedora.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:

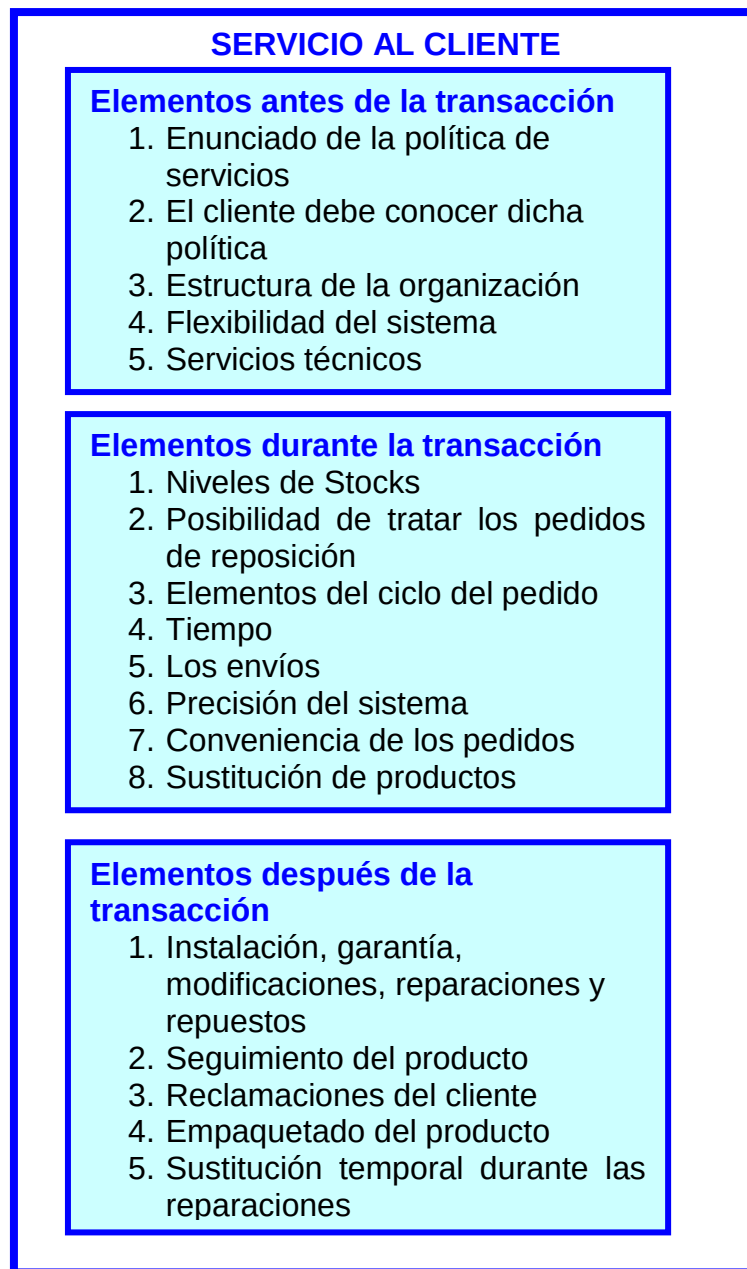
- <http://www.navactiva.com/web/es/alog/doc/informes/2006/01/43608.php>.
24. Fitter, F. [2009]. Cuatro formas de reducir los costos de la Cadena de Suministro. Disponible en el sitio:
<http://www.microsoft.com/spain/medianaempresa/businessvalue/supplychainexpenses.msp>.
25. Flament, M. [2007]. Técnicas de planificación estratégica. Métodos multicriterio. Disponible en el sitio:
http://dmle.cindoc.csic.es/pdf/TRABAJOSDEINVESTIGACIONOPERATIVA_1992_07_01_14.pdf.
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
29. Garza Ríos R. C. [2001]. Procedimiento muticriterio para la planificación de las rutas de distribución. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarria. 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 Echevarria. 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.monografia.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.
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 provincia de Villa Clara. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Santa Clara. *Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas*.
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.
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.
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.
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-0000000027&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 Feijoo. 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/contribucion/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%2003.doc>
72. Wikipedia [2009]. Algoritmos de aproximación. Disponible en el sitio: http://es.wikipedia.org/wiki/Algoritmo_de_aproximaci%C3%B3n.
73. Wikipedia [2009]. Algoritmos evolutivos. Disponible en el sitio: http://es.wikipedia.org/wiki/Algoritmo_evolutivo.
74. Wikipedia [2009]. Algoritmos. Disponible en el sitio: <http://es.wikipedia.org/wiki/Algoritmo>.
75. Wikipedia [2009]. Cadena de Suministro. Disponible en el sitio: http://es.wikipedia.org/wiki/Cadena_de_suministro.
76. Wikipedia [2009]. NP-completo. Disponible en el sitio: <http://es.wikipedia.org/wiki/NP-completo>.

Anexos**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 destino diferentes	1) Algoritmo de Ford	Aproximado
	2) Método de Bellman-Kalaban	Aproximado
	3) Método de Floyd	Aproximado
	4) Método de la matriz	Exacto
	5) Método tabular	Aproximado
Múltiples puntos origen-destino	1) Método de transporte	Aproximado
	2) Método de producción transporte	Aproximado
Coincidencia de puntos origen-destino	1) Algoritmo del barrido	Aproximado
	2) Método de Clark y Wright	Heurístico
	3) Método de Karg y Thompson	Heurístico
	4) Método de Lemaire	Heurístico
	5) Método de Lin y Kernighan	Heurístico
	6) Método de Ferguson	Heurístico
	7) Método de Doll	Aproximado
	8) Método de Bodin, Daouley y Stewart	Aproximado
	9) Método de Haskell	Exacto
	10) Método de Held y Karp	Exacto
	11) Método de Christofides y Ginozza	Exacto
	12) Método de Crowder y Fadberg	Exacto

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

Anexo 3. Clasificación y características de las técnicas de ruteo de vehículos.

Clasificación	Técnicas	Características
Exactos	Programación de compromiso	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.
	Programación dinámica	Sirve para resolver problemas de optimización en los 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.
	Programación meta	Constituye, quizás, la primera aproximación a la toma de decisión de un contexto de objetivos múltiples efectuada a través de la programación matemática. 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 cantidad de información para su aplicación y reporta precios asignarle pesos específicos a cada una de las metas. Algunos autores, como Barba-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.

	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 (ver Wikipedia 2009).
	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.
Heurísticos	Ramificación y acotamiento	Ramificar y Acotar, también llamado ramificación y poda (ver Wikipedia 2009) 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.
	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. Pertenecce 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.
Metaheurísticos	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 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

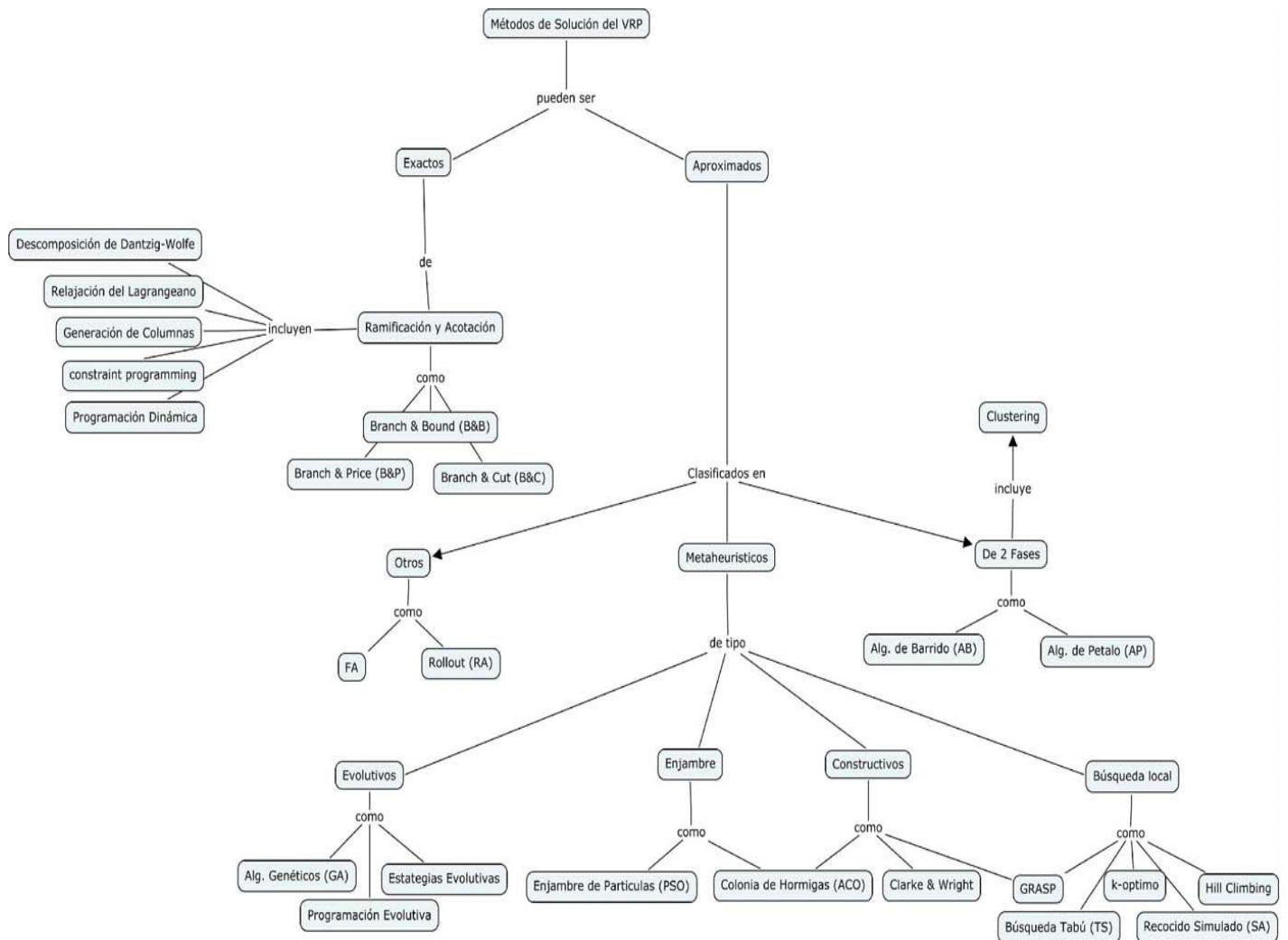
		un vector velocidad que dirige.
	Optimización por colonia de hormigas	Es un algoritmo donde un número elevado de agentes artificiales simples, se inspiran en el comportamiento que rige a las hormigas de diversas especies para encontrar los caminos más cortos entre las fuentes de comida y el hormiguero 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
	Recocido simulado	Este proceso simula el enfriamiento y proceso de temple en metales. No siempre acepta la solución óptima, sino que a veces puede escoger una solución menos óptima. Reinelt (1994) declara que puede entregar resultados de muy buena calidad, pero el tiempo de corridas puede ser largo a medida que la temperatura va lentamente disminuyendo. Esta técnica se ha venido aplicando por Metropolis, Rosenbluth & Teller (1953), Kirkpatrick, Gelatt, & Vecchi (1983) y Cerny (1985) y algunos artículos presentan excelentes revisiones sobre el enfoque de la misma, como: Collins, Eglese, & Golden (1988), Tovey (1988) y Eglese (1990).
	Algoritmos genéticos	Pueden ser clasificados como una meta heurística A/S/P (Glover & 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 & Eshelman (1996) reconocen que no son la mejor alternativa en el caso de problemas combinatorios.

		Radcliffe & 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 & Fogel (1995), Tang et al. (1996), Obayashi et al. (2000), Sasaki et al. (2001), Williams, Crossley y Lang (2001), Keane & Brown (1996), Andreou, Georgopoulos y Likothanassis (2002), Hughes & Leyland (2000) y muchos más han incursionado en la aplicación de estos métodos a los diferentes campos obteniendo resultados relevantes
	Búsqueda tabú	Reinelt (1994) declara que las dificultades básicas de esta meta heurística son el diseño de una lista tabú razonable, el manejo eficiente de la lista, y la selección de la movida más apropiada que no sea prohibida. Autores como: Laporte, Gendreau, Potvin, & Semet (2000) la consideran como la más reconocida entre las meta heurísticas y ha sido extensamente aplicada a numerosos problemas combinatorios tales como: ruteo de vehículos y el viajante de comercio.
	Redes neuronales	Está basado en un modelo informático de la manera en que están conectadas las neuronas del cerebro. 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 Gulati & Iyengar (1987); Arizona, Yamamoto, & Ohto (1992); Hopfield & Tank (1985); Sabuncuoglu & Hommertzheim (1992); Bernard, De la Croix, & Le

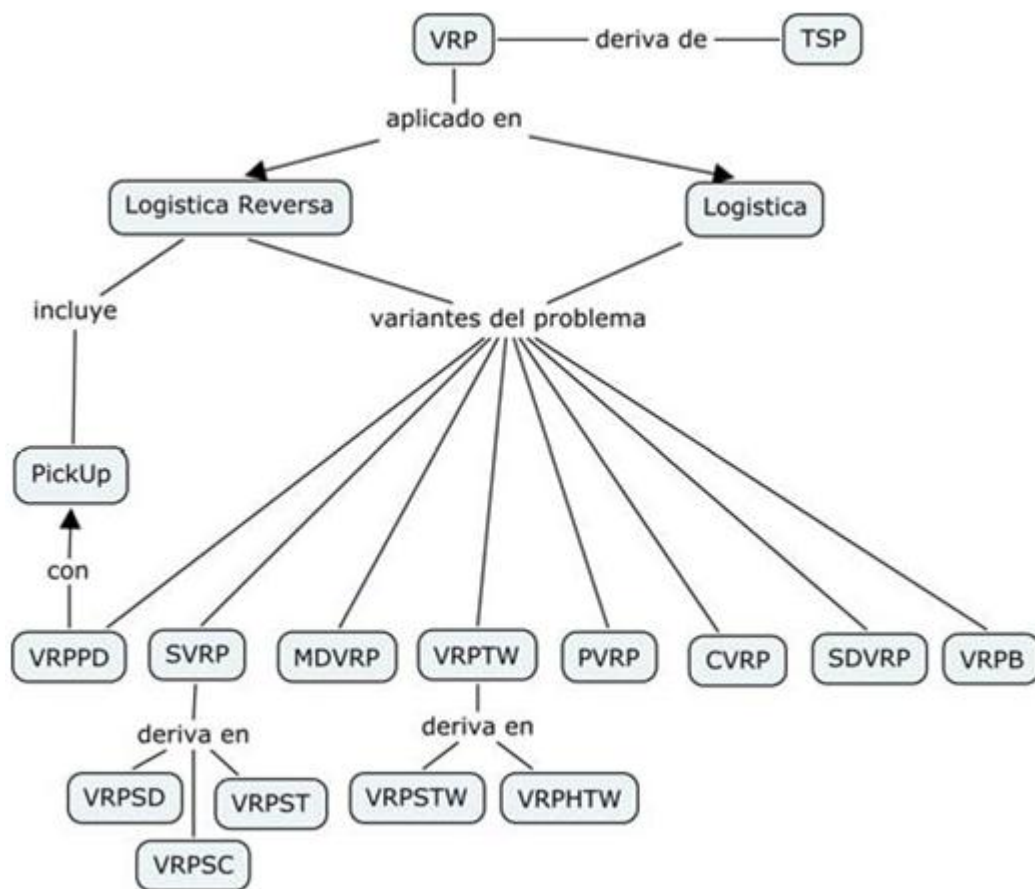
		Texier (1988). Sin embargo, Reinelt (1994) argumenta que los resultados de este método no son todavía convincentes ya que las rutas generadas son similares a las rutas de inserción más cercana con respecto a estructura y calidad.
Aproximados	Problema del transporte	Dantzig [1959] define este método como 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.
	Algoritmo de Floyd	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.
	Algoritmo de Ford	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 X_i y X_j son dos vértices genéricos del gráfico, $a = (i,j)$ es el arco entre X_i y X_j y $v(a)$ es el valor de dicho arco (distancia o tiempo). Este algoritmo es más simple que el de Bellman - Kalaban e intuitivamente más claro.
	Algoritmo de Bellman - Kalaban	El algoritmo de Bellman - Kalaban nos resuelve exactamente el mismo problema que el anterior algoritmo de Ford, sin embargo tiene la ventaja de ser programable en ordenador.

Fuente: Elaboración propia.

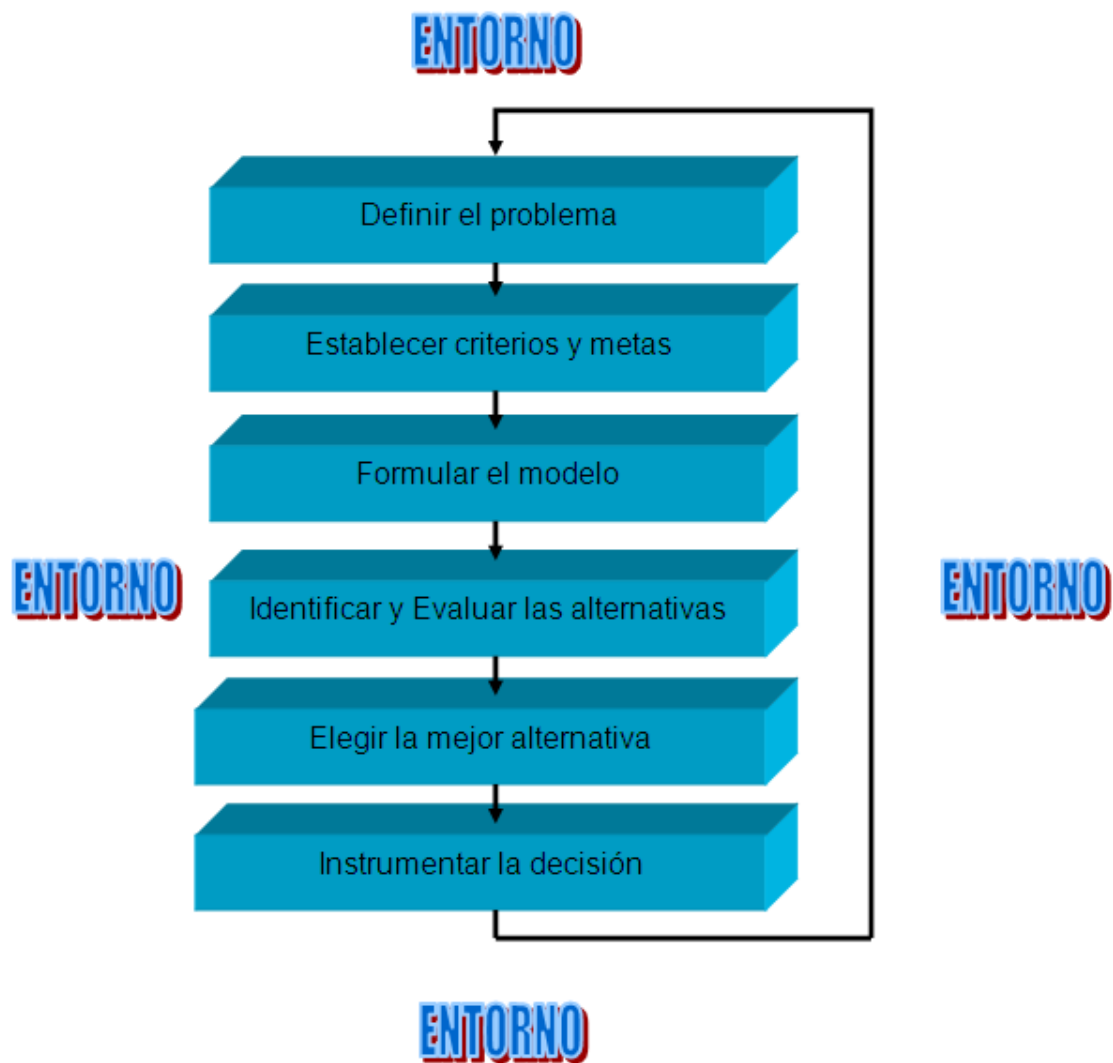
Anexo 4. Diagrama resumen de los métodos de solución para el ruteo de vehículos.



Fuente: Jaque Pirabán [2008].

Anexo 5. Variantes y derivaciones más populares del VRP.

Fuente: Jaque Pirabán [2008].

Anexo 6. Proceso de toma de decisiones

Fuente: Marrero Delgado [2001].

Anexo 7. Algunas de las expresiones utilizadas en la investigación

Determinación del número óptimo de expertos

$$n = \frac{p * (1 - p) * k}{i^2} \quad (7.1.)$$

Donde:

i- Nivel de precisión deseado

p- Proporción estimada de errores de los expertos

k- Constante asociada al nivel de confianza elegido

Luego se realiza un proceso de selección de los expertos. La calidad de los expertos influye decisivamente en la exactitud y fiabilidad de los resultados y en ello interviene la calificación técnica, los conocimientos específicos sobre el objeto a evaluar y la posibilidad de decisión entre otros. El índice o coeficiente de competencias propuesto por Hurtado de 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 17 tomado de Hurtado de Mendosa [2003].

Homogenización de la matriz de decisión

Para criterios en que se invierte el sentido de optimalidad

$$NC_{l,r} = \frac{1}{E_{l,r}} \quad \forall \text{ valor de } l \quad (7.2.)$$

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

$$V_{l,r} = \frac{NC_{l,r}}{\sum_{l=1}^m NC_{l,r}} \quad (7.3.)$$

Donde:

$V_{l,r}$: Valor normalizado

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

1. Se parte primeramente de las evaluaciones $N_{l,r}$ 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:

$$W_r^o = \frac{D_r}{\sum_{r=1}^c D_r} \quad (7.4.)$$

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:

$$W_r = \frac{W_r^o * W_r^s}{\sum_{r=1}^c (W_r^o * W_r^s)} \quad (7.5.)$$

Donde:

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

W_r : Peso definitivo del criterio r .

Modelo grupal para la determinación del peso subjetivo W_r^s

$$W_{z,r} = \frac{P_{z,r}}{\sum_{r=1}^c P_{z,r}} \quad (7.6.)$$

$$W_r^s = \frac{\sum_{z=1}^n W_{z,r}}{\sum_{r=1}^c \sum_{z=1}^n W_{z,r}} \quad (7.7.)$$

Donde:

n: número de jueces o decisores

c: número de criterios

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

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

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

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

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

Método de tasación simple para la asignación de pesos subjetivos

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

Método de Föller 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)

$$VP_l = \prod_{r=1}^c NC_{l,r}^{W_r} \quad (7.8.)$$

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

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

Anexo 8. Indicadores de desempeño clave (KPI) clasificados en dimensiones para la determinación del IINDD

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

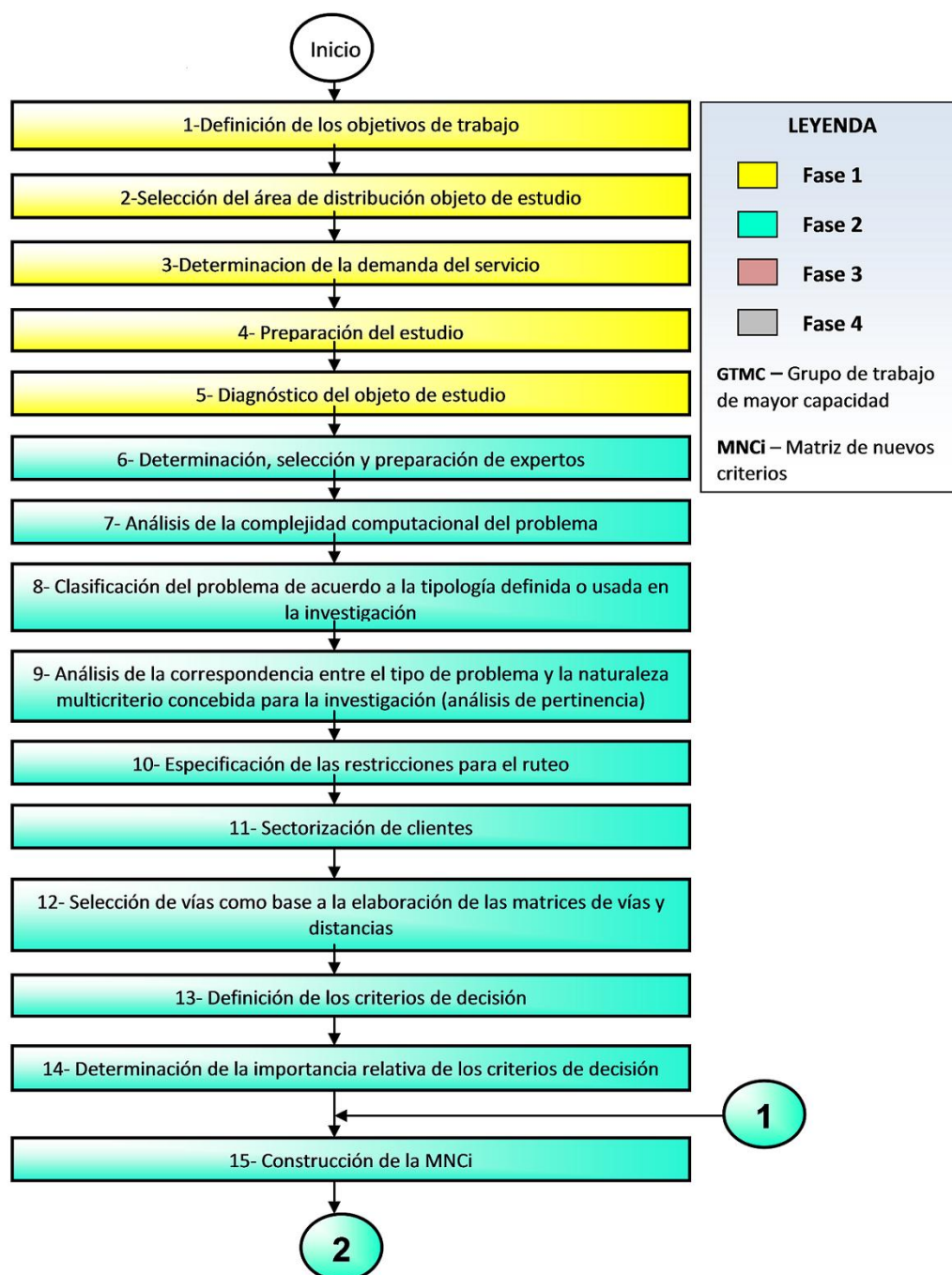
Fuente: Elaboración propia a partir de PILOT [2007] & Garza Ríos [2001].

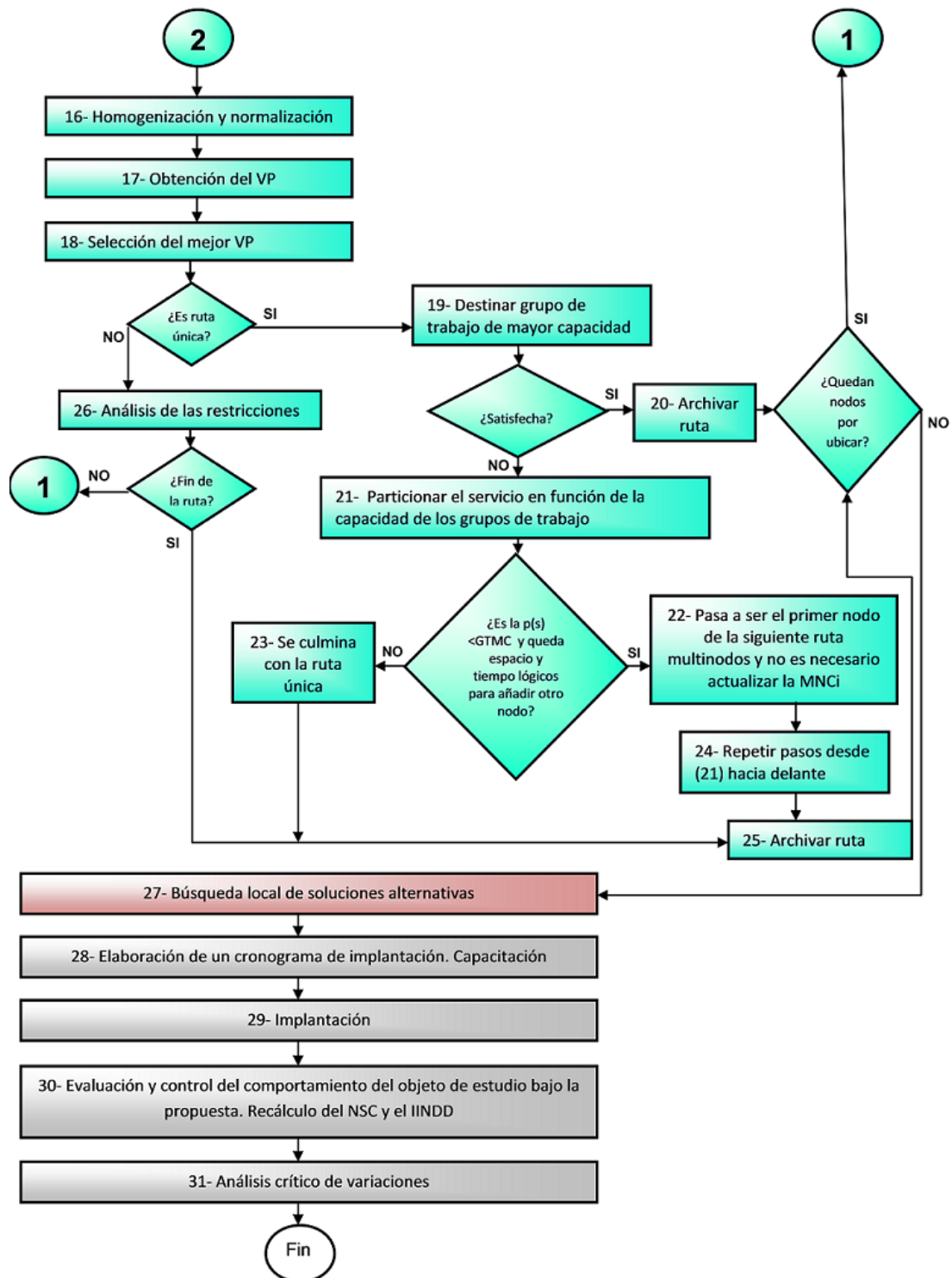
Anexo 9. Operadores vecindarios

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

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10. Procedimiento general





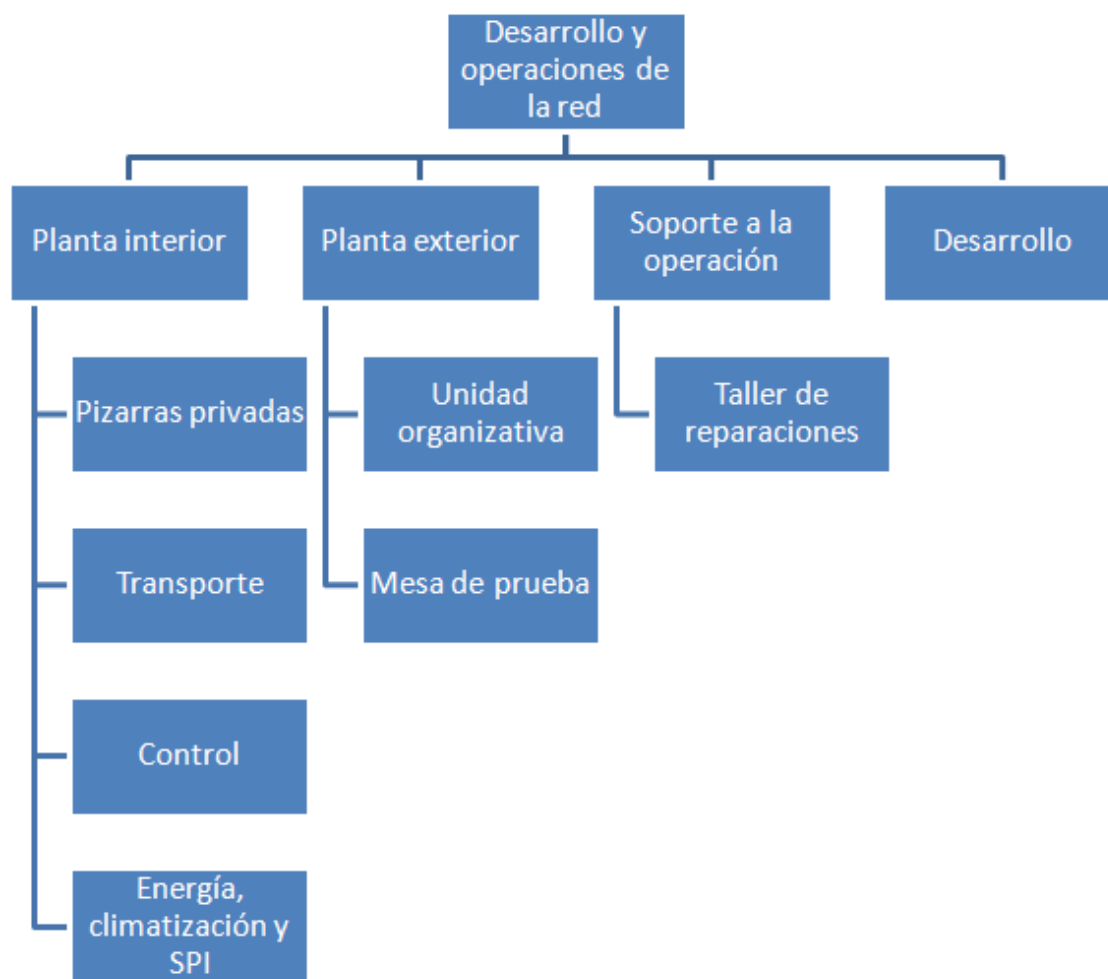
Anexo11. Área de distribución seleccionada



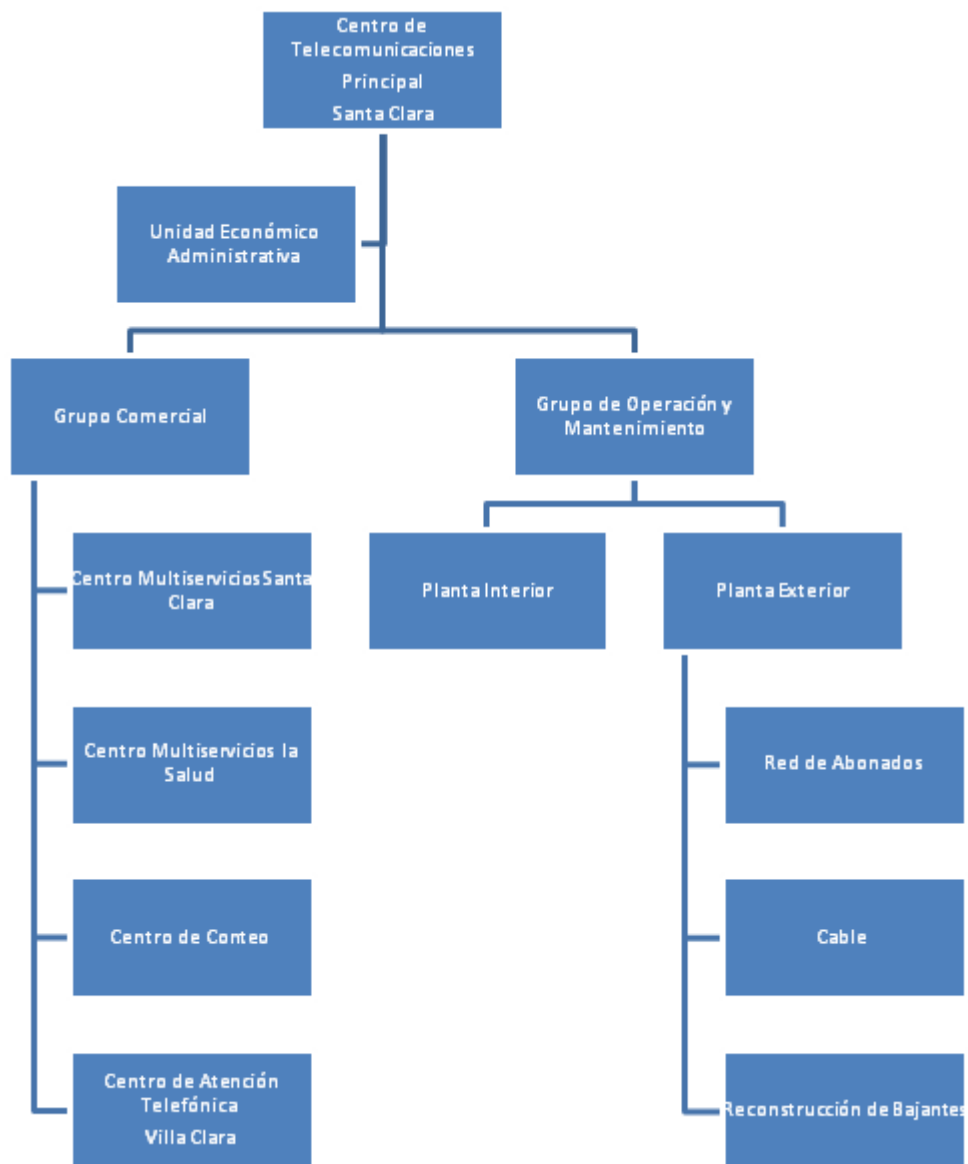
Anexo 12. Estructura organizativa de la Dirección Territorial de ETECSA en Villa Clara



Fuente: Dirección Territorial de ETECSA en Villa Clara

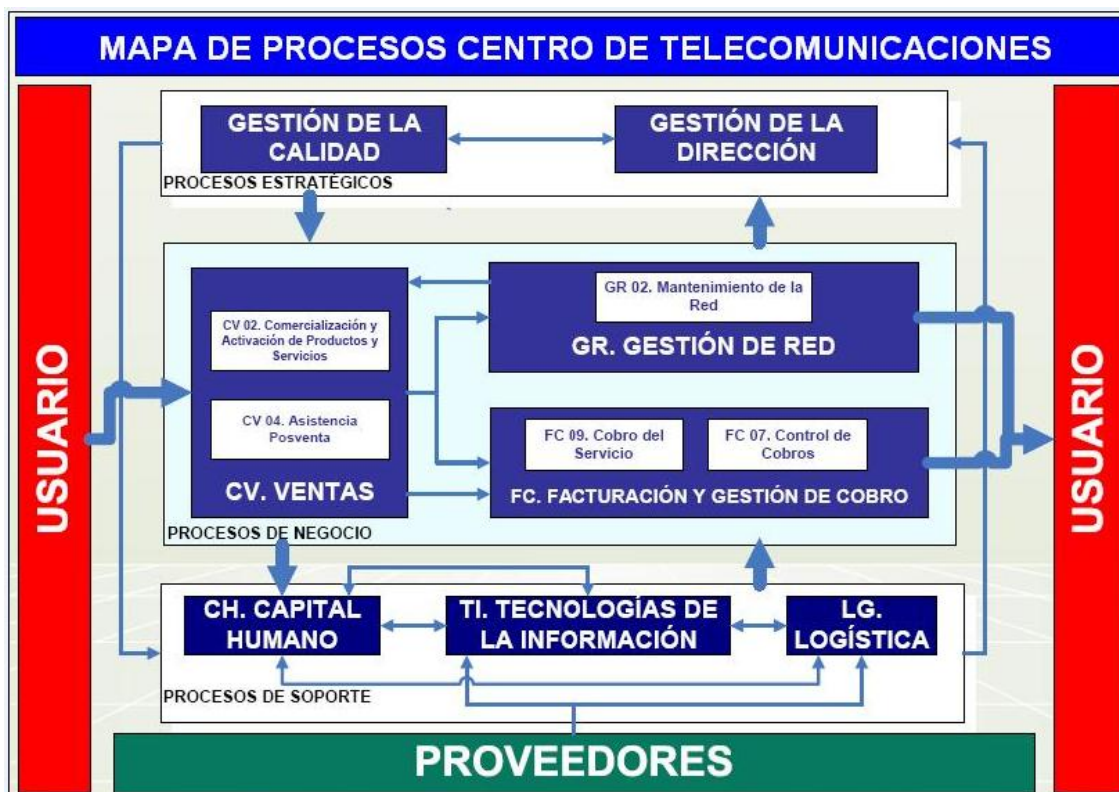
Anexo 13. Estructura organizativa del departamento de Desarrollo y operaciones de la red

Fuente: Dirección Territorial de ETECSA en Villa Clara

Anexo 14. Estructura organizativa del Centro de telecomunicaciones principal de Santa Clara

Fuente: Dirección Territorial de ETECSA en Villa Clara

Anexo 15. Mapa de procesos del Centro de telecomunicaciones de Santa Clara



Fuente: Dirección Territorial de ETECSA en Villa Clara

Anexo 16. Tabla del 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 del Estado y propietarios particulares

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

Anexo 17. Tabla del 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	Traslados, facilidades, etcétera
Cuarta prioridad	Ordenes de servicio (emitidas por el área comercial fundamentalmente)
Quinta prioridad	Mantenimientos planificados o preventivos

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

Anexo 18. Pasos para determinar el Coeficiente de competencia.

¿A quiénes considerar expertos?.

Pasos a seguir:

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

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

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

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

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

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

n: Rango seleccionado por el experto “j”

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

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

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

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

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

6

$$K_a = \sum_{i=1}^6 n_i$$

i=1

donde: K_a : Coeficiente de Argumentación

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

[2]

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

$$K = 0,5 (K_c + K_a)$$

[3]

donde: K : Coeficiente de Competencia

K_c : Coeficiente de Conocimiento

K_a : Coeficiente de Argumentación

8. 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

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

Fuente: Hurtado de Mendoza [2003].

Anexo 19. Coeficiente de competencia para los expertos

- 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

- Especialista “C” en Telemática Centro de Dirección Territorial (Esp. Principal)
- Especialista “C” en Telemática Centro de Dirección Territorial
- Jefe de Unidad “A” Planta Exterior
- Jefe de Grupo “C” Operación y Mantenimiento
- Especialista “D” en Telemática Operación y Mantenimiento
- Jefe de Unidad “D” Mesa de Prueba Territorial
- Profesor Universitario. Dr. C. Ingeniería Industrial. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
- Alumno investigador. Carrera Ingeniería Industrial. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Paso 2: Valoración sobre el nivel de experiencia.

Tabla de valoración sobre el nivel de experiencia

Expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Especialista “C” en Telemática (Principal)									X	
2. Especialista “C” en Telemática								X		
3. Jefe de Unidad “A”								X		
4. Jefe de Grupo “C”									X	
5. Especialista “D”								X		
6. Jefe de Unidad “D”								X		
7. Profesor Universitario. Dr. C. Ingeniería Industrial								X		
8. Alumna investigadora								X		

Fuente: Elaboración propia.

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

$$Kc1 = 9*(0.1) = 0.9$$

$$Kc4 = 9*(0.1) = 0.9$$

$$Kc7 = 8*(0.1) = 0.8$$

$$Kc2 = 8*(0.1) = 0.8$$

$$Kc5 = 8*(0.1) = 0.8$$

$$Kc8 = 8*(0.1) = 0.8$$

$$Kc3 = 8*(0.1) = 0.8$$

$$Kc6 = 8*(0.1) = 0.8$$

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	Exp1	Exp2	Exp3	Exp4	Exp5	Exp6	Exp7	Exp8
Análisis teóricos realizados por usted	Alto	Medio	Medio	Alta	Medio	Alto	Alto	Alto
Su experiencia obtenida	Medio	Alto	Alto	Media	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 5: Determinación de los aspectos de mayor influencia llevando la Tabla del Nivel de Argumentación o Fundamentación a los valores de una Tabla Patrón
Paso 6: Determinación del Nivel de Argumentación o Fundamentación (Ka)

$$Ka1 = 0.9$$

$$Ka4 = 0.9$$

$$Ka7 = 0.9$$

$$Ka2 = 0.9$$

$$Ka5 = 0.8$$

$$Ka8 = 0.9$$

$$Ka3 = 0.9$$

$$Ka6 = 0.9$$

Paso 7: Determinación del Coeficiente de Competencia (K)

$$K1 = 0.9$$

$$K4 = 0.9$$

$$K7 = 0.85$$

$$K2 = 0.85$$

$$K5 = 0.8$$

$$K8 = 0.85$$

$$K3 = 0.85$$

$$K6 = 0.85$$

Tabla (Llevada a los valores de la Tabla Patrón)

Fuentes de argumentación o fundamentación	Exp1	Exp2	Exp3	Exp4	Exp5	Exp6	Exp7	Exp8
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
TOTAL	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9

Fuente: Elaboración propia.**Tabla de Coeficiente de competencia (K)**

Expertos	Especialidad	Coeficiente de competencia
1	Especialista “C” en Telemática Centro de Dirección Territorial (Esp. Principal)	0.9
2	Especialista “C” en Telemática Centro de Dirección Territorial	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	Profesor Universitario. Dr. C. Ingeniería Industrial. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas	0.85
8	Alumno investigador. Carrera Ingeniería Industrial. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas	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.

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

Paso 1: Lista de expertos

1. Técnico en Telemática Planta Exterior
2. Técnico en Telemática Planta Exterior
3. Operario Instalador Reparador “B” Planta Exterior (Jefe de Brigada)
4. Operario Instalador Reparador “C” Planta Exterior (Reparador)
5. Operario Instalador Reparador “C” Planta Exterior (Reparador)
6. Probador de Mesa de Prueba Territorial
7. Probador de Mesa de Prueba Territorial
8. Operario de Cable “A” (Jefe de Brigada de Cable)

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
Técnico en Telemática Planta Exterior								X		
Técnico en Telemática Planta Exterior								X		
Operario Instalador Reparador “B” Planta Exterior (Jefe de Brigada)								X		
Operario Instalador Reparador “C” Planta Exterior (Reparador)									X	
Operario Instalador Reparador “C” Planta Exterior (Reparador)								X		
Probador de Mesa de Prueba Territorial									X	
Probador de Mesa de Prueba Territorial								X		
Operario de Cable “A” (Jefe de Brigada de Cable)									X	

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

$$Kc1 = 8*(0.1) = 0.8$$

$$Kc4 = 9*(0.1) = 0.9$$

$$Kc7 = 8*(0.1) = 0.8$$

$$Kc2 = 8*(0.1) = 0.8$$

$$Kc5 = 8*(0.1) = 0.8$$

$$Kc8 = 9*(0.1) = 0.9$$

$$Kc3 = 8*(0.1) = 0.8$$

$$Kc6 = 9*(0.1) = 0.9$$

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

Fuentes de argumentación o fundamentación	Exp1	Exp2	Exp3	Exp4	Exp5	Exp6	Exp7	Exp8
Análisis teóricos realizados por usted	Medio	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto
Su experiencia obtenida	Alta	Media	Alta	Media	Media	Alta	Media	Alta
Trabajos de autores nacionales	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Trabajos de autores extranjeros	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Su conocimiento del estado del problema en el extranjero	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Su intuición	Media	Baja	Baja	Media	Baja	Media	Baja	Media

Paso 5: Determinación de los aspectos de mayor influencia llevando la Tabla del Nivel de Argumentación o Fundamentación a los valores de una Tabla Patrón
Tabla (Llevada a los valores de la Tabla Patrón)

Fuentes de argumentación o fundamentación	Exp1	Exp2	Exp3	Exp4	Exp5	Exp6	Exp7	Exp8
Análisis teóricos realizados por usted	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3
Su experiencia obtenida	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5
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
TOTAL	0.9	0.8	1.0	0.9	0.8	1.0	0.8	1.0

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

$$Ka1 = 0.9$$

$$Ka4 = 0.9$$

$$Ka7 = 0.8$$

$$Ka2 = 0.8$$

$$Ka5 = 0.8$$

$$Ka8 = 1.0$$

$$Ka3 = 1.0$$

$$Ka6 = 1.0$$

Paso 7: Determinación del Coeficiente de Competencia (K)

K1 = 0.85

K4 = 0.9

K7 = 0.8

K2 = 0.8

K5 = 0.8

K8 = 0.95

K3 = 0.9

K6 = 0.95

Tabla de Coeficiente de competencia (K)

Expertos	Entidad y especialidad	Coeficiente de Competencia
1	Técnico en Telemática Planta Exterior	0,85
2	Técnico en Telemática Planta Exterior	0.8
3	Operario Instalador Reparador “B” Planta Exterior (Jefe de Brigada)	0,9
4	Operario Instalador Reparador “C” Planta Exterior (Reparador)	0,9
5	Operario Instalador Reparador “C” Planta Exterior (Reparador)	0,8
6	Probador de Mesa de Prueba Territorial	0,95
7	Probador de Mesa de Prueba Territorial	0,8
8	Operario de Cable “A” (Jefe de Brigada de Cable)	0.95

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, ya que, es recomendable utilizar para la investigación expertos de Coeficiente de Competencia alto.

3. Cálculo del coeficiente de competencia de los expertos que conforman el equipo de trabajo para la aplicación del procedimiento específico para selección de vías como base para la elaboración de las matrices de vías y distancias
Paso 1: Lista de personas posibles

1. Especialista “C” en Telemática Centro de Dirección Territorial (Esp. Principal)
2. Especialista “C” en Telemática Centro de Dirección Territorial
3. Jefe de Unidad “A” Planta Exterior
4. Técnico en Telemática Planta Exterior
5. Operario Instalador Reparador “B” Planta Exterior (Jefe de Brigada)

6. Operario Instalador Reparador “C” Planta Exterior (Reparador)
7. Profesor Universitario. Dr. C. Ingeniería Industrial. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
8. Alumno investigador. Carrera Ingeniería Industrial. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Paso 2: 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, ya que, es recomendable utilizar para la investigación expertos de Coeficiente de Competencia alto.

Paso 2: Valoración sobre el nivel de experiencia

Expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Especialista “C” en Telemática								X		
2. Especialista “C” en Telemática									X	
3. Jefe de Unidad “A”									X	
4. Técnico en Telemática									X	
5. Operario Instalador Reparador “B”								X		
6. Operario Instalador Reparador “C”									X	
7. Profesor Universitario. Dr. C. Ingeniería Industrial.									X	
8. Alumno investigador.								X		

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

$$Kc1 = 8*(0.1) = 0.8$$

$$Kc5 = 8*(0.1) = 0.8$$

$$Kc2 = 9*(0.1) = 0.9$$

$$Kc6 = 9*(0.1) = 0.9$$

$$Kc3 = 9*(0.1) = 0.9$$

$$Kc7 = 9*(0.1) = 0.9$$

$$Kc4 = 9*(0.1) = 0.9$$

$$Kc8 = 8*(0.1) = 0.8$$

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

Fuentes de argumentación o fundamentación	Exp1	Exp2	Exp3	Exp4	Exp5	Exp6	Exp7	Exp8
Análisis teóricos realizados por usted	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto
Su experiencia obtenida	Media	Media	Alta	Medio	Alta	Alta	Alta	Alta
Trabajos de autores nacionales	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Bajo
Trabajos de autores extranjeros	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Su conocimiento del estado del problema en el extranjero	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo
Su intuición	Media	Media	Media	Media	Media	Baja	Baja	Baja

Paso 5: Determinación de los aspectos de mayor influencia llevando la Tabla del Nivel de Argumentación o Fundamentación a los valores de una Tabla Patrón
Tabla (Llevada a los valores de la Tabla Patrón)

Fuentes de argumentación o fundamentación	Exp1	Exp2	Exp3	Exp4	Exp5	Exp6	Exp7	Exp8
Análisis teóricos realizados por usted	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
Su experiencia obtenida	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5
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
TOTAL	0.8	0.8	0.9	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0

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

Ka1 = 0.8

Ka5 = 1.0

Ka2 = 0.8

Ka6 = 1.0

Ka3 = 0.9

Ka7 = 1.0

Ka4 = 0.8

Ka8 = 1.0

Paso 7: Determinación del Coeficiente de Competencia (K)**K1 = 0.8****K5 = 0.9****K2 = 0.85****K6 = 0.95****K3 = 0.9****K7 = 0.95****K4 = 0.85****K8 = 0.9****Tabla de Coeficiente de competencia (K)**

Expertos	Especialidad	Coeficiente de Competencia
1	Especialista “C” en Telemática	0.8
2	Especialista “C” en Telemática	0.85
3	Jefe de Unidad “A”	0,9
4	Técnico en Telemática	0,85
5	Operario Instalador Reparador “B”	0,9
6	Operario Instalador Reparador “C”	0,95
7	Profesor Universitario. Dr. C. Ingeniería Industrial.	0,95
8	Alumno investigador.	0.9

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 20. Tabla de definición del promedio de los valores óptimos de cada elemento tratados para evaluar el NSC.

Expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	Promedio
Criterios									
Ciclo Pedido-Entrega (h)	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
Inform. Sobre el pedido (%)	99	97	98	98	97	99	99	98	98

Anexo 21. Resultados del cálculo de los KPI

	KPI	Valores actuales	Plan
Dimensión 1. Costos en la distribución			
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)	122	110
5	Costo de Salario (\$/mes)	660	660
Dimensión 2. Tiempo en la distribución			
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
Dimensión 3. Fiabilidad en la distribución			
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
Dimensión 4. Utilización de las capacidades en la distribución			
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

Anexo 22. Datos auxiliares utilizados para el cálculo de los indicadores antes de la aplicación de las herramientas propuestas

Número de servicios prestados (servicios/mes)	168
Número de servicios planificados (servicios/mes)	180
Distancia recorrida (km/mes)	778
Consumo de combustible (L/mes)	104
Precio del combustible (CUC/L)	1.2
Consumo de lubricante (L/mes)	1.8
Precio del lubricante (CUC/L)	2.7
Número de reparadores	2
Salario promedio de los reparadores (\$)	330
Entregas en tiempo (entregas/mes)	145
Tiempo reglamentado para la distribución (h/mes)	168
Tiempo real de la distribución (h/mes)	174
Días trabajados (días/mes)	24
Tiempo no reglamentado en la distribución (h/mes)	36
Horas trabajadas (h/día)	8
Servicios reclamados (servicios/mes)	6
Recorrido planificado (k/mes)	730

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

Anexo 23. Resultados de la aplicación del método de ponderación del triángulo de Föller 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

INDICADORES	PESOS
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
Consistencia 90%	

Tiempo en la distribución

INDICADORES	PESOS
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
Consistencia 100%	

Fiabilidad en la distribución

INDICADORES	PESOS
9. Rendimiento del servicio brindado en función de reclamaciones	0.5
10. Índice de reclamación producto de la distribución	0.5
Consistencia 100%	

Utilización de las capacidades en la distribución

INDICADORES	PESOS
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
Consistencia 100%	

Pesos entre dimensiones

DIMENSIONES	PESOS
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
Consistencia 90%	

Anexo 24. Importancia relativa de los criterios de decisión para la selección de vías y nodos de la ruta

Pesos entre los criterios de vías

CRITERIOS DE VÍAS	PESOS
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

CRITERIOS PARA LA CONFORMACIÓN DE RUTAS	PESOS
Distancia	0.303
Tipo de cliente	0.383
Tareas a ejecutar	0.313

Anexo 25. Lista de los clientes que demandan el servicio y sus nodos correspondientes

Dirección de los clientes a atender	Nodos	Definición de los nodos
Berenguer # 56 e/ J.B. Zayas y Máximo Gómez	1	Área comprendida entre Padre Tuduri, Berenguer, Máximo Gómez y J.B. Zayas
Toscano # 5 e/ San Miguel y Nazareno	2	Área comprendida entre San Miguel, Nazareno, San Pedro y Toscano
Partido Municipal San Cristóbal e/ J.B. Zayas y Villuendas	3	Área comprendida entre San Cristóbal, Candelaria, J.B. Zayas y Villuendas
Cuba # 22 e/ Candelaria y San Miguel	4	Área comprendida entre Cuba, Colón, Candelaria y San Miguel
Unión # 117 e/ Buen Viaje y Céspedes	5	Área comprendida entre Unión, Maceo, Buen Viaje y Céspedes
Villuendas # 35 e/ Nazareno y San Miguel	6	Área comprendida entre Villuendas, J.B. Zayas, Nazareno y San Miguel
Tristá # 51 e/San Pedro y Toscano	7	Área comprendida entre Tristá, San Cristóbal, San Pedro y Toscano
Tristá # 32 e/ Carretera Central y Ciclón	8	Área comprendida entre Tristá, Padre Chao, Carretera Central y Ciclón
Chiquitín Pedraza # 25B e/ San Cristóbal y Candelaria	9	Área comprendida entre Chiquitín Pedraza, Unión, San Cristóbal y Candelaria
Martí # 14 e/ Toscano y Esquerra	10	Área comprendida entre Martí, Padre Tuduri, Toscano y Esquerra
Estación de Bomberos Gloria e/ Parque y Maceo	11	Área comprendida entre Gloria, Mujica, Parque y Maceo
Independencia # 79 e/ Toscano y San Pedro	12	Área comprendida entre Independencia, Martí, Toscano y San Pedro
Candelaria # 33 e/ Alemán y Carretera Central	13	Área comprendida entre Candelaria, San Miguel, Alemán y Carretera Central
Independencia # 5 e/ Plácido y Luis Estévez	14	Área comprendida entre Independencia, Martí, Plácido y Luis Estévez
Unión # 90 e/ Julio Jover y Berenguer	15	Área comprendida entre Unión, Carmen Gutiérrez, Julio Jover y Berenguer

Martí # 3 e/ M.G. Gutiérrez y Unión	16	Área comprendida entre Martí, Independencia, M.G. Gutiérrez y Unión
Toscano # 15 e/ Coronel Gabino Gálvez y Carretera Central	17	Área comprendida entre Toscano, San Pedro, Coronel Gabino Gálvez y Carretera Central
San Miguel # 32 e/ Unión y Maceo	18	Área comprendida entre San Miguel, Nazareno, Unión y Maceo
Máximo Gómez # 2 e/ Julio Jover y Martí	19	Área comprendida entre Máximo Gómez, J.B. Zayas, Julio Jover y Martí
Carolina Rodríguez # 12 e/ Padre Tuduri y Berenguer	20	Área comprendida entre Carolina Rodríguez, Luis Esteves, Padre Tuduri y Berenguer
Padre Chao # 6 e/Villuendas y J.B. Zayas	21	Área comprendida entre Padre Chao, Marta Abreu, Villuendas y J.B. Zayas

Nota: El **CD** se encuentra entre Marta Abreu, Padre Chao, Rafael Lubián y Alemán

Anexo 26. Matriz de vías

Origen-destino	Vías óptimas	Origen-destino	Vías óptimas
CD-1	Alemán-Tristá-J.B. Zayas	1-CD	Máximo Gómez – Marta Abreu
CD-2	Marta Abreu-Toscano	1-2	Máximo Gómez –San Miguel
CD-3	Alemán -Candelaria	1-3	Máximo Gómez –San Cristóbal
CD-4	Alemán -Candelaria	1-4	Máximo Gómez
CD-5	Alemán –Candelaria-Unión	1-5	Máximo Gómez – Martí - Maceo
CD-6	Alemán-Nazareno	1-6	Máximo Gómez –San Miguel
CD-7	Marta Abreu-Toscano	1-7	Máximo Gómez –San Miguel – San Pedro
CD-8	Padre Chao	1-8	Máximo Gómez – Marta Abreu-Toscano – Padre Chao
CD-9	Alemán -Candelaria	1-9	Máximo Gómez - Candelaria
CD-10	Marta Abreu-San Pedro-Martí	1-10	Berenguer
CD-11	Alemán –Candelaria- Colón	1-11	Máximo Gómez – Martí - Maceo
CD-12	Marta Abreu-San Pedro	1-12	Máximo Gómez – Marta Abreu – San Pedro
CD-13	Alemán	1-13	Máximo Gómez –San Miguel
CD-14	Alemán –Candelaria- Colón- Luis Estévez	1-14	Máximo Gómez – Martí
CD-15	Alemán –Candelaria-Unión	1-15	Máximo Gómez – Martí –Unión
CD-16	Alemán –Candelaria-Unión	1-16	Máximo Gómez – Martí
CD-17	Marta Abreu	1-17	Máximo Gómez – Marta Abreu
CD-18	Alemán-Nazareno	1-18	Máximo Gómez – Nazareno
CD-19	Marta Abreu-San Pedro-Martí	1-19	Máximo Gómez
CD-20	Alemán –Candelaria- Colón- Luis Estévez	1-20	Yanes
CD-21	Alemán- Tristá-J.B. Zayas	1-21	Máximo Gómez – Marta Abreu

2-CD	Nazareno – J.B. Zayas – Marta Abreu	3-CD	J.B. Zayas – Marta Abreu
2-1	San Pedro – Martí - J.B. Zayas	3-1	J.B. Zayas
2-3	Nazareno – J.B. Zayas	3-2	San Cristóbal – Alemán – San Miguel
2-4	Nazareno – Colón	3-4	Candelaria
2-5	Nazareno – Unión	3-5	Candelaria – Unión
2-6	Nazareno	3-6	San Cristóbal – Alemán - Nazareno
2-7	San Pedro	3-7	San Cristóbal – Alemán – San Miguel – San Pedro

2-8	San Pedro – Tristá	3-8	J.B. Zayas - Padre Chao
2-9	Nazareno – Unión	3-9	Candelaria
2-10	San Pedro – Martí	3-10	J.B. Zayas – Julio Jover
2-11	Nazareno – Colón	3-11	Candelaria - Colón
2-12	San Pedro	3-12	J.B. Zayas – Marta Abreu – San Pedro
2-13	Nazareno - Central	3-13	San Cristóbal – Alemán
2-14	Nazareno – Colón – Luis Estévez	3-14	Candelaria – Colón - Luis Estévez
2-15	Nazareno – Unión	3-15	Candelaria – Unión
2-16	Nazareno – Unión	3-16	Candelaria – Unión
2-17	San Pedro	3-17	J.B. Zayas – Marta Abreu
2-18	Nazareno	3-18	Candelaria – Maceo
2-19	San Pedro – Martí	3-19	J.B. Zayas
2-20	Nazareno – Colón – Luis Estévez	3-20	Candelaria – Colón - Luis Estévez
2-21	Nazareno-J.B. Zayas	3-21	J.B. Zayas

4-CD	San Miguel – J.B. Zayas – Marta Abreu	5-CD	Maceo – San Cristóbal - J.B. Zayas – Marta Abreu
4-1	Colón - Luis Estévez - Berenguer	5-1	Unión – Julio Jover – J.B. Zayas
4-2	San Miguel	5-2	Maceo – San Miguel
4-3	San Miguel – J.B. Zayas	5-3	Maceo - San Cristóbal
4-5	Colón- Gloria – Unión	5-4	Maceo – San Miguel
4-6	San Miguel	5-6	Maceo – San Miguel
4-7	San Miguel – Central - San Cristóbal	5-7	Maceo – San Miguel – Central – San Cristóbal
4-8	San Miguel – Central	5-8	Maceo - San Cristóbal - J.B. Zayas – Padre Chao
4-9	Candelaria	5-9	Maceo - Candelaria
4-10	San Miguel – J.B. Zayas - Julio Jover	5-10	Unión – Julio Jover
4-11	Colón	5-11	Maceo
4-12	San Miguel – San Pedro	5-12	Unión – Julio Jover - Toscano
4-13	San Miguel	5-13	Maceo – San Miguel
4-14	Colón – Luis Estévez	5-14	Céspedes – Luis Estévez

4-15	Candelaria – Unión	5-15	Unión
4-16	Candelaria – Unión	5-16	Unión
4-17	San Miguel – San Pedro	5-17	Maceo - San Cristóbal - J.B. Zayas – Marta Abreu
4-18	Cuba - Nazareno	5-18	Maceo
4-19	Colón – Luis Estévez - Julio Jover	5-19	Unión – Julio Jover
4-20	Colón – Luis Estévez	5-20	Unión – Berenguer
4-21	San Miguel – J.B. Zayas	5-21	Maceo - San Cristóbal - J.B. Zayas

6-CD	J.B. Zayas – Marta Abreu	7-CD	Tristá – Rafael Lubián
6-1	J.B. Zayas	7-1	Tristá - J.B. Zayas
6-2	San Miguel	7-2	Toscano
6-3	J.B. Zayas	7-3	Tristá – Alemán - Candelaria
6-4	J.B. Zayas - Candelaria	7-4	Tristá – Alemán - Candelaria
6-5	Nazareno – Unión	7-5	Tristá – Alemán – Candelaria – Unión
6-7	San Miguel – San Pedro	7-6	Toscano - Nazareno
6-8	San Miguel - Central	7-8	Tristá
6-9	Nazareno – Unión	7-9	Tristá – Alemán – Candelaria
6-10	J.B. Zayas – Julio Jover	7-10	San Pedro – Martí
6-11	Nazareno – Colón	7-11	Tristá – Alemán – Candelaria – Colón
6-12	San Miguel – San Pedro	7-12	San Pedro
6-13	San Miguel	7-13	Tristá – Alemán
6-14	Nazareno – Colón – Luis Estévez	7-14	Tristá – Alemán – Candelaria – Colón - Luis Estévez
6-15	Nazareno – Unión	7-15	San Pedro – Martí – Unión
6-16	Nazareno – Unión	7-16	San Pedro – Martí
6-17	San Miguel-Central- Marta Abreu	7-17	San Pedro
6-18	Nazareno	7-18	Toscano - Nazareno
6-19	J.B. Zayas	7-19	San Pedro – Martí
6-20	Nazareno – Colón – Luis Estévez	7-20	San Pedro – Martí – Luis Estévez

6-21	J.B. Zayas	7-21	Tristá - J.B. Zayas
-------------	------------	-------------	---------------------

8-CD	Tristá - J.B. Zayas	9-CD	San Cristóbal - J.B. Zayas - Marta Abreu
8-1	Tristá - J.B. Zayas	9-1	Unión – Julio Jover - J.B. Zayas
8-2	Padre Chao - Toscano	9-2	San Cristóbal – Maceo – San Miguel
8-3	Tristá – Alemán - Candelaria	9-3	San Cristóbal
8-4	Tristá – Alemán – Candelaria	9-4	San Cristóbal - Cuba
8-5	Tristá – Alemán – Candelaria – Unión	9-5	Unión
8-6	Tristá – Alemán – Nazareno	9-6	San Cristóbal – Maceo – San Miguel
8-7	Padre Chao-Toscano	9-7	San Cristóbal – Maceo – San Miguel – San Pedro
8-9	Tristá – Alemán - Candelaria	9-8	San Cristóbal – Maceo – San Miguel – Central
8-10	Ciclón – Central – San Pedro – Martí	9-10	Unión – Julio Jover
8-11	Tristá – Alemán – Candelaria - Colón	9-11	San Cristóbal - Colón
8-12	Ciclón – Central – San Pedro	9-12	San Cristóbal – Maceo – San Miguel – San Pedro
8-13	Tristá – Alemán	9-13	San Cristóbal – Alemán
8-14	Tristá – Alemán – Candelaria – Colón - Luis Estévez	9-14	San Cristóbal – Colón - Julio Jover
8-15	Tristá – Alemán – Candelaria – Unión	9-15	Unión
8-16	Tristá – Alemán – Candelaria – Unión	9-16	Unión
8-17	Ciclón-Marta Abreu	9-17	San Cristóbal – Maceo – San Miguel – San Pedro
8-18	Tristá – Alemán – Candelaria - Maceo	9-18	San Cristóbal – Maceo
8-19	Tristá-J.B. Zayas	9-19	Unión – Julio Jover
8-20	Tristá – Alemán – Candelaria – Colón - Luis Estévez	9-20	Unión – Berenguer
8-21	Tristá-J.B. Zayas	9-21	San Cristóbal - J.B. Zayas

10-CD	Alemán	11-CD	Maceo - San Cristóbal - J.B. Zayas – Marta Abreu
10-1	Martí – Máximo Gómez – Marta Abreu	11-1	Luis Estévez – Berenguer
10-2	Toscano	11-2	Maceo – San Miguel
10-3	Alemán - Candelaria	11-3	San Cristóbal
10-4	Alemán - Candelaria	11-4	Maceo – San Miguel
10-5	Martí - Maceo	11-5	Gloria – Unión
10-6	Alemán – Nazareno	11-6	Maceo – San Miguel
10-7	Toscano	11-7	Maceo – San Miguel – San Pedro
10-8	Toscano – Tristá	11-8	Maceo – San Miguel – Central
10-9	Alemán – Candelaria	11-9	Maceo – Candelaria
10-11	Alemán – Candelaria – Colón	11-10	Luis Estévez – Julio Jover
10-12	Toscano	11-12	Maceo – San Miguel – San Pedro
10-13	Alemán	11-13	Maceo – San Miguel
10-14	Martí	11-14	Luis Estévez
10-15	Martí – Unión	11-15	Gloria – Unión
10-16	Martí	11-16	Gloria – Unión
10-17	Toscano	11-17	Maceo – San Miguel – San Pedro
10-18	Alemán – Nazareno	11-18	Maceo
10-19	Martí	11-19	Luis Estévez – Julio Jover
10-20	Martí – Luis Estévez	11-20	Luis Estévez
10-21	Martí – Máximo Gómez – Marta Abreu	11-21	Maceo – Candelaria - J.B. Zayas

12-CD	Toscano – Tristá – J.B. Zayas – Marta Abreu	13-CD	Candelaria – J.B. Zayas
12-1	Martí – J.B. Zayas	13-1	Candelaria – J.B. Zayas
12-2	Toscano	13-2	San Miguel
12-3	Martí – Máximo Gómez – San Cristóbal	13-3	Candelaria
12-4	Martí – Máximo Gómez	13-4	Candelaria

12-5	Martí - Maceo	13-5	Candelaria – Unión
12-6	Toscano - Nazareno	13-6	Alemán - Nazareno
12-7	Toscano	13-7	Central – San Cristóbal
12-8	Toscano – Tristá	13-8	Central
12-9	Toscano – Tristá - Máximo Gómez – Candelaria	13-9	Candelaria
12-10	Martí	13-10	Central – San Pedro – Martí
12-11	Martí – Maceo	13-11	Candelaria – Colón
12-13	Toscano – Tristá – Alemán	13-12	Central – San Pedro
12-14	Martí	13-14	Candelaria – Colón
12-15	Martí – Unión	13-15	Candelaria – Unión
12-16	Martí	13-16	Candelaria – Unión
12-17	Toscano	13-17	Central
12-18	Toscano - Nazareno	13-18	Candelaria – Maceo
12-19	Martí	13-19	Candelaria – J.B. Zayas
12-20	Martí – Luis Estévez	13-20	Candelaria – Colón – Luis Estévez
12-21	Martí – Máximo Gómez – Marta Abreu	13-21	Candelaria – J.B. Zayas – Marta Abreu

14-CD	Martí – Maceo – San Cristóbal – J.B. Zayas – Marta Abreu	15-CD	Berenguer - Máximo Gómez – Marta Abreu
14-1	Luis Estévez - Berenguer	15-1	Berenguer
14-2	Martí – Maceo – San Miguel	15-2	Berenguer – Maceo – San Miguel
14-3	Martí – Maceo – San Cristóbal	15-3	Berenguer – Maceo – San Cristóbal
14-4	Martí – Maceo – San Miguel	15-4	Berenguer – Maceo – San Miguel
14-5	Martí – Maceo	15-5	Berenguer – Maceo
14-6	Martí – Maceo – San Miguel	15-6	Berenguer – Maceo – San Miguel
14-7	Martí – Maceo – San Miguel – San Pedro	15-7	Berenguer – Maceo – San Miguel – San Pedro
14-8	Martí – Maceo – San Miguel – Central	15-8	Berenguer – Maceo – San Miguel – Central
14-9	Martí – Maceo – Candelaria	15-9	Berenguer – Maceo – Candelaria
14-10	Luis Estévez – Julio Jover	15-10	Julio Jover

14-11	Martí – Maceo	15-11	Berenguer – Maceo
14-12	Luis Estévez – Julio Jover	15-12	Julio Jover
14-13	Martí – Maceo – San Miguel	15-13	Berenguer – Maceo – San Miguel
14-15	Martí – Unión	15-14	Berenguer – Maceo – Independencia
14-16	Martí	15-16	Berenguer – Maceo – Martí
14-17	Luis Estévez – Julio Jover – Esquerra – Independencia – Toscano	15-17	Berenguer – Maceo – San Miguel – San Pedro
14-18	Martí – Maceo	15-18	Berenguer – Maceo
14-19	Luis Estévez – Julio Jover	15-19	Julio Jover
14-20	Luis Estévez	15-20	Berenguer
14-21	Martí – Maceo – San Cristóbal – J.B. Zayas	15-21	Berenguer - Máximo Gómez – Marta Abreu

16-CD	Independencia - Maceo – San Cristóbal– J.B. Zayas – Marta Abreu	17-CD	Toscano – Tristán – J.B. Zayas – Marta Abreu
16-1	Unión - Berenguer	17-1	San Pedro – Martí - J.B. Zayas
16-2	Independencia - Maceo – San Miguel	17-2	Toscano
16-3	Independencia - Maceo – San Cristóbal	17-3	Toscano – Tristán – Alemán - Candelaria
16-4	Independencia - Maceo – San Miguel	17-4	Toscano – Tristán – Alemán - Candelaria
16-5	Independencia - Maceo	17-5	Toscano – Tristán – Alemán – Candelaria – Unión
16-6	Independencia - Maceo – San Miguel	17-6	Toscano-Nazareno
16-7	Independencia - Maceo – San Miguel – San Pedro	17-7	Toscano
16-8	Independencia - Maceo – San Miguel - Central	17-8	Toscano-Tristán
16-9	Independencia - Maceo – Candelaria	17-9	Toscano – Tristán – Alemán - Candelaria
16-10	Unión - Berenguer	17-10	San Pedro – Martí
16-11	Independencia - Maceo	17-11	Toscano – Tristán – Alemán – Candelaria - Colón

16-12	Unión - Berenguer	17-12	San Pedro
16-13	Independencia - Maceo – San Miguel	17-13	Toscano-Nazareno - Central
16-14	Independencia	17-14	San Pedro – Martí
16-15	Unión	17-15	San Pedro – Martí – Unión
16-17	Independencia - Maceo – San Cristóbal– J.B. Zayas – Marta Abreu	17-16	San Pedro – Martí
16-18	Independencia - Maceo	17-18	Toscano-Nazareno
16-19	Unión – Julio Jover	17-19	San Pedro – Martí
16-20	Unión - Berenguer	17-20	San Pedro – Martí – Luis Estévez
16-21	Independencia - Maceo – San Cristóbal– J.B. Zayas	17-21	Toscano-Tristá-J.B. Zayas

18-CD	San Miguel – J.B. Zayas – Marta Abreu	19-CD	Máximo Gómez – Marta Abreu
18-1	Unión - Berenguer	19-1	J.B. Zayas
18-2	Nazareno	19-2	Máximo Gómez – San Miguel
18-3	San Miguel – J.B. Zayas	19-3	Máximo Gómez – San Cristóbal
18-4	San Miguel	19-4	Máximo Gómez
18-5	Unión	19-5	Martí - Maceo
18-6	Nazareno	19-6	Máximo Gómez – San Miguel
18-7	San Miguel – San Pedro	19-7	Máximo Gómez – Marta Abreu - Toscano
18-8	San Miguel – Central	19-8	Máximo Gómez – Marta Abreu – Toscano – Tristá
18-9	Unión	19-9	Martí – Maceo - Candelaria
18-10	Unión – Julio Jover	19-10	Julio Jover
18-11	San Miguel - Colón	19-11	Martí - Maceo
18-12	San Miguel – San Pedro	19-12	Julio Jover
18-13	San Miguel	19-13	Máximo Gómez – San Miguel
18-14	San Miguel – Colón – Luis Estévez	19-14	Martí
18-15	Unión	19-15	Martí – Unión
18-16	Unión	19-16	Martí
18-17	San Miguel – J.B. Zayas – Marta	19-17	Máximo Gómez – Marta Abreu

	Abreu		
18-19	Unión – Julio Jover	19-18	Martí - Maceo
18-20	Unión - Berenguer	19-20	Martí – Luis Estévez
18-21	San Miguel – J.B. Zayas	19-21	Máximo Gómez – Marta Abreu

20-CD	Berenguer - Máximo Gómez – Marta Abreu	21-CD	Marta Abreu
20-1	Berenguer	21-1	J.B. Zayas
20-2	Berenguer - Máximo Gómez – Marta Abreu – Toscano	21-2	Marta Abreu-Toscano
20-3	Berenguer - Máximo Gómez – Cuba – San Cristóbal	21-3	Marta Abreu- Alemán – Candelaria
20-4	Berenguer - Máximo Gómez - Cuba	21-4	Marta Abreu- Alemán – Candelaria
20-5	Padre Tudurí - Maceo	21-5	J.B. Zayas – Martí - Maceo
20-6	Berenguer - Máximo Gómez – Cuba – San Miguel	21-6	Padre Chao-Alemán-Nazareno
20-7	Berenguer - Máximo Gómez – Marta Abreu	21-7	Marta Abreu-Toscano
20-8	Berenguer – Julio Jover – Toscano – Tristá	21-8	Marta Abreu-Alemán-Padre Chao
20-9	Berenguer - Máximo Gómez – Cuba - Candelaria	21-9	Marta Abreu- Alemán – Candelaria
20-10	Berenguer	21-10	J.B. Zayas – Julio Jover
20-11	Padre Tudurí - Maceo	21-11	Marta Abreu- Alemán – Candelaria – Colón
20-12	Berenguer	21-12	Marta Abreu – Central – San Pedro
20-13	Berenguer - Máximo Gómez – Cuba – San Miguel	21-13	Marta Abreu- Alemán
20-14	Padre Tudurí – Maceo – Independencia	21-14	Villuendas – Martí
20-15	Padre Tudurí – Carmen Gutiérrez	21-15	Villuendas – Martí – Unión
20-16	Padre Tudurí – Carmen Gutiérrez - Martí	21-16	Villuendas – Martí
20-17	Berenguer - Máximo Gómez – Marta Abreu - Central	21-17	Marta Abreu - Central

20-18	Padre Tudurí - Maceo	21-18	Marta Abreu- Alemán - Nazareno
20-19	Berenguer - Máximo Gómez	21-19	J.B. Zayas
20-21	Berenguer - Máximo Gómez – Marta Abreu	21-20	Villuendas – Martí – Luis Estévez

Anexo 27. Matriz de distancias

	CD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CD		1.482	0.673	0.438	0.499	1.122	0.496	0.455	0.140	0.879	0.746
1	0.604		1.389	0.711	0.316	0.654	0.883	1.125	0.998	1.095	0.383
2	1.043	1.753		0.691	0.815	1.452	0.453	0.170	0.574	1.203	0.851
3	0.305	0.639	0.668		0.086	0.783	0.098	0.904	0.770	0.465	0.728
4	0.629	0.855	0.591	0.161		0.546	0.081	0.833	0.642	0.288	1.014
5	0.871	0.700	1.163	0.517	0.482		0.650	1.398	1.199	0.390	0.850
6	0.468	0.789	0.956	0.506	0.215	0.935		0.681	0.503	0.683	0.815
7	0.663	1.102	0.168	0.616	1.081	1.717	0.676		0.105	1.494	0.627
8	0.512	0.823	0.406	0.437	0.593	1.235	0.706	0.161		0.976	0.744
9	0.826	1.017	1.115	0.471	0.473	0.190	0.672	1.320	1.041		1.901
10	0.312	0.313	0.719	1.456	0.876	0.773	0.927	0.702	0.886	1.776	
11	0.632	0.696	1.026	0.350	0.352	0.284	0.628	1.207	0.903	0.501	1.114
12	0.428	0.461	0.630	1.391	1.537	0.887	0.941	0.512	0.586	1.612	0.052
13	0.593	0.825	0.202	0.121	0.302	0.896	0.321	0.489	0.202	0.884	0.870
14	1.060	0.384	1.451	0.781	0.758	0.271	0.808	1.214	1.219	0.814	0.402
15	0.992	0.301	1.528	1.020	0.851	0.323	1.233	1.870	1.420	0.721	0.521
16	1.060	0.582	1.413	0.758	0.719	0.216	1.174	1.710	1.268	0.450	0.627
17	0.640	0.764	0.933	1.164	1.359	1.961	0.974	0.192	0.282	1.382	0.312
18	0.858	1.138	0.837	0.391	0.151	0.331	0.382	1.002	0.835	0.098	1.789
19	0.580	0.079	1.195	0.548	0.621	0.421	0.701	1.024	0.901	0.081	0.142
20	0.725	0.108	1.775	1.127	0.848	0.710	1.114	1.472	1.282	0.945	0.702
21	0.086	0.415	0.895	0.501	1.110	0.922	0.657	0.622	0.383	0.722	0.789

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
CD	0.724	0.555	0.253	1.008	1.339	1.264	0.262	0.903	1.083	1.332	0.263
1	0.736	0.756	1.044	0.323	0.643	0.558	0.921	1.160	0.091	0.094	0.473
2	1.017	0.635	0.317	1.297	1.776	1.582	0.438	0.855	1.210	1.690	0.865
3	0.329	0.950	0.236	0.980	1.035	0.850	0.650	0.391	0.472	0.853	0.140
4	0.136	1.328	0.257	0.399	0.876	0.674	1.113	0.211	0.755	0.720	0.382

5	0.079	1.070	0.826	0.260	0.261	0.072	1.683	0.342	0.628	0.620	0.824
6	0.503	0.880	0.109	0.968	1.245	1.065	0.739	0.336	0.662	1.037	0.312
7	1.177	0.405	0.594	1.164	2.018	1.849	0.198	1.097	0.918	1.369	0.510
8	0.829	0.478	0.347	1.123	1.537	1.358	0.174	0.976	0.978	1.523	0.353
9	0.523	1.490	0.822	0.770	0.632	0.403	1.213	0.312	0.291	0.858	0.648
10	0.910	0.322	0.934	0.419	0.742	0.641	0.214	1.649	0.168	0.665	0.913
11		1.798	0.677	0.211	0.591	0.370	1.208	0.192	0.562	0.538	0.714
12	1.939		1.101	0.578	0.894	0.814	0.121	1.549	0.333	0.779	0.756
13	0.542	0.903		0.749	1.193	1.051	0.464	0.600	0.828	1.064	0.358
14	0.355	0.756	0.911		0.256	0.125	1.042	0.458	0.246	0.217	0.525
15	0.481	0.818	1.209	0.375		0.235	0.940	0.663	0.235	0.092	0.701
16	0.390	0.744	0.934	0.102	0.093		1.121	0.690	0.451	0.942	0.873
17	1.322	0.094	0.691	0.926	0.884	1.014		1.370	0.605	1.049	0.701
18	0.274	1.472	0.529	0.503	0.612	0.512	1.162		0.996	0.986	0.685
19	0.684	0.342	0.814	0.127	0.276	0.386	0.654	1.012		0.350	0.828
20	0.821	0.782	1.118	0.388	0.180	0.437	1.128	0.902	0.281		0.553
21	0.762	0.662	0.524	0.361	0.907	0.932	0.418	0.730	0.477	0.728	

Anexo 28. Entorno de trabajo del software MapInfo

