

Propuesta de ruteo de vehículos en la distribución física de la EMCOMED Holguín

TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN
AL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

Autor: Raúl Ernesto Batista Moreno

Tutores: Prof. Aux., Yosvani Orlando Lao León, Dr. C.

Prof. Inst., Arasay Feria Almaguer, Ing.

HOLGUÍN, 2018



Pensamiento

“La bondad es la única inversión que nunca quiebra”.

Henry David Thoreau

Agradecimientos

A mis padres porque con su apoyo incondicional pude alcanzar este nuevo logro.

A mi futura esposa por apoyarme siempre en cada decisión difícil.

A mi hermana por toda su ayuda en estos momentos.

A mi gran tutor Yosvani Orlando Lao León por todo su apoyo y enseñanzas desde mucho antes de empezar la carrera hasta la culminación de mi formación.

A todos los profesores por aportarme sus conocimientos desinteresadamente.

A todos mis compañeros de estudio porque solo juntos pudimos llegar a la meta.

Dedicatoria

Le dedico esta tesis en especial a mi madre por ser el motor impulsor en mi formación como profesional y a mi padre por consentirme en todas mis ideas y apoyarme en todo.

Resumen

Uno de los sectores distintivos en Cuba es la salud, lo que se manifiesta en la calidad de vida del pueblo. En este ámbito, los medicamentos al igual que el personal médico, tienen un papel protagónico. En el territorio holguinero, la entidad a cargo de la comercialización y distribución de estos, manifiesta un conjunto de síntomas que atentan contra su adecuado desempeño, relacionados fundamentalmente con el proceso de distribución. Esta investigación se desarrolló en la Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos (EMCOMED) de Holguín, y tuvo como objetivo general seleccionar y aplicar un procedimiento para la mejora de la función de transporte dentro de la distribución física en empresas comercializadoras, con énfasis en el diseño de rutas de distribución en la función de transporte, a partir de la aplicación de métodos matemáticos que garanticen altos niveles de eficiencia en el proceso. Obteniéndose como resultados el perfeccionamiento de la función de transporte y la propuesta de un reordenamiento en los recorridos en el municipio Holguín que permitirá un mejor aprovechamiento de las capacidades de los medios de transporte empleados en la distribución y un mayor control del consumo real del vehículo, dando paso a elevar la oportunidad en las entregas y por ende contribuir a la disminución de los costos.

Abstract

Health is one of the distinctive sectors in Cuba, which manifests itself in the quality of life of the people. In this area, medicines, like medical personnel, play a leading role. In Holguin territory, the entity in charge of the marketing and distribution of these manifests a set of symptoms that undermine their proper performance, mainly related to the distribution process. This research was carried out in Holguin, at the Commercializing and Distributing Company of Medicaments (EMCOMED), and had as general objective to select and apply a procedure for the improvement of the transport function within the physical distribution in marketing companies, with emphasis in the design of distribution routes in the transport function, based on the application of mathematical methods that guarantee high levels of efficiency in the process. Obtaining as results the improvement of the transport function and the proposal of a reordering in the routes in the Holguin municipality that will allow a better use of the capacities of the means of transport used in the distribution and a greater control of the actual consumption of the vehicle, giving rise to the opportunity in the deliveries and therefore contribute to the reduction of costs.

Índice

	Pág.
Introducción.....	1
Capítulo I. Marco teórico-práctico referencial del diseño de rutas de distribución.....	6
1.1. La Logística. Importancia, evolución histórica y conceptos	6
1.1.1. Subsistemas logísticos.....	9
1.2. La distribución como subsistema de la logística	10
1.2.1. La distribución física en empresas comercializadoras	13
1.3. Ruteo de vehículos. Métodos y técnicas.....	16
1.3.1. Los clientes	16
1.3.2. Los depósitos	17
1.3.3. Los vehículos	18
1.3.4. Métodos y técnicas.....	18
1.4. Perspectiva del ruteo de vehículos. Análisis bibliométrico.....	27
1.5 . Enfoques que contribuyen a la función de transporte dentro de la distribución física	33
1.6. Situación actual del sistema logístico de la Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos de Holguín	35
Capítulo II. Mejora de la función de transporte dentro de la distribución física en empresas comercializadoras.....	38
2.1. Procedimiento para la mejora de la función de transporte dentro de la distribución física en empresas comercializadoras.....	38
Fase I. Diagnóstico	38
Fase II. Diseño de la transportación.....	42
Fase III. Implementación de la transportación.....	45
Fase IV. Control y mejora de la transportación	45
2.2. Aplicación del procedimiento en EMCOMED.....	46
Fase I. Diagnóstico	46
Fase II. Diseño de la transportación.....	47
Fase III. Implementación de la transportación.....	56
Conclusiones.....	58
Recomendaciones.....	59
Referencias bibliográficas	60
Anexos	

Introducción

Dentro de una cadena de suministro, la transportación juega un papel determinante, puesto que es a través de esta que se logra situar el producto en el lugar que el cliente lo necesita, a la vez que establece la conexión entre centros de producción y consumidores distantes. Permite realizar los ahorros más significativos, debido a que el intercambio se facilita por medio de las actividades que ayudan a almacenar, transportar, manipular y procesar pedidos.

Constituye una frecuente preocupación el costo total de la distribución física, y los expertos creen que se pueden realizar grandes ahorros, pero a su vez las decisiones erróneas pueden provocar altos costos. Aun las grandes compañías utilizan poco las modernas herramientas de decisión, para coordinar los niveles de inventario y las formas de transporte, Gutierrez Casas y Prida Romero (1998); Koné, Artigues, Lopez y Mongeau (2011).

Su tarea fundamental consiste en asegurar el desarrollo interrelacionado de todos los tipos de transporte, con el fin de satisfacer las necesidades del cliente. Aunque las decisiones se expresan en formas diversas, dentro de las principales se destacan la selección del modo de transporte, el diseño de rutas, la programación de los vehículos y la consolidación de los envíos Balloud (2004). Jiménez Sánchez y Hernández García (2002), señalan que al plantear que "... desde el punto de origen hasta el punto destino..." constituye indicio de que la logística tiene orientación a la "cadena de suministro" siendo esta la concepción primaria de la cadena de suministros.

La transportación ha sido estudiada por diversos autores: Magee (1968), Ballaud (1991), M. Torres Gemeil y Conejero Suárez (2000), Martínez Delgado, Acevedo Suárez y Lauzardo Rico (2000), Zijm y Timmer (2008), Yan y Tang (2009), Koné *et al.* (2011), Parada Curbelo y Hernández Maden (2014), Covas Varela, Martínez Curbelo y Feitó Cerpón (2014), estos en mayor o menor grado, la definen 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. Estos 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. Es por lo que el autor coincide con el criterio de Lalonde y Grabner (1971) y Christopher (1972) al ver la logística como la unión de la gestión de los materiales con la distribución física.

Teniendo en cuenta los autores consultados, se considera que la distribución física es un componente fundamental de la logística, al ser una parte fundamental del sistema logístico. Razón por la que es difícil realizar un estudio sin tener en cuenta el desarrollo de la distribución física pues esta no sólo es un costo, sino una poderosa herramienta de creación de demanda. Las empresas pueden atraer más clientes otorgándoles mejor servicio o precios más bajos por medio de una mejor distribución física, en cambio, pierden clientes cuando no logran suministrarles los bienes a tiempo.

Este tema posee actualidad y pertinencia, y no dejó de ser ampliamente debatido en el VII Congreso del Partido Comunista de Cuba, donde se aprobaron los lineamientos enfocados en garantizar la utilización más eficiente de los medios para cada tipo de transportación, a través del perfeccionamiento del balance de cargas del país. Priorizando la atención y calidad de los servicios técnicos en función del mantenimiento y disponibilidad técnica de los medios de transporte. En el capítulo X. Política para el transporte, se presenta el lineamiento 219, que expresa: garantizar la utilización de los esquemas y medios más eficientes para cada tipo de transportación. Perfeccionar el balance de cargas y lograr un adecuado funcionamiento de la cadena puerto- transporte- economía interna, aprovechando las ventajas comparativas del ferrocarril, del cabotaje, de las empresas especializadas y del empleo de contenedores, para lograr la integración multimodal.

Una de las esferas con mayores logros en la sociedad cubana es la salud, cuya referencia se conoce mundialmente. Este sector garantiza sus suministros a través de diferentes vías, una de las más representativas es la Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos. Esta se encarga de garantizar

la existencia de medicamentos y otros productos esenciales en todas las instituciones de salud y otras. Desde su surgimiento, constituye una prioridad alcanzar niveles superiores en su desempeño, no obstante, persisten deficiencias que atentan contra el logro de este objetivo. Por estudios previos realizados en la entidad (M. Pérez Díaz, 2009; Hernández Viamontes, 2010; Carballo Barallobre, 2011; Cremé Piña, 2011; Martínez Lamothe, 2011; Escobar Soria, 2014; Guzmán Hernández, 2014; Rodríguez Toledo, 2014; Font Lara, 2015; González García, 2015; González Ricardo, 2015; Pérez Avila, 2015) se reconocen un conjunto de síntomas negativos que aún persisten:

- dificultades con la disponibilidad técnica y déficit de los vehículos para la transportación
- incumplimiento de los tiempos de salida y arribo en los ciclos de distribución
- ausencia de indicadores para medir la efectividad del proceso de expedición hasta la llegada de la mercancía al cliente
- disminución en la satisfacción de los clientes de 9,4 a 8,8 fundamentalmente por demoras en la distribución
- deficiencias en la cadena logística de la entidad, que se traducen en reclamaciones.

Estos síntomas denotan la existencia de deficiencias en el proceso de distribución de medicamentos que propician demoras en las entregas de los pedidos, las que se traducen en insatisfacciones en los clientes e interrupciones en los procesos de la Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos Holguín, constituyendo este, el **problema profesional** a resolver en la presente investigación. Este se materializa en el **objeto de investigación** siguiente: el subsistema logístico de distribución física.

En consecuencia, el **objetivo general** consistió en seleccionar y aplicar un procedimiento para la mejora de la función de transporte dentro de la distribución física en empresas comercializadoras, con énfasis en el diseño de rutas de distribución en la función de transporte, a partir de la aplicación de métodos matemáticos que garanticen altos niveles de eficiencia en el proceso.

Para alcanzar el resultado se establecieron como **objetivos específicos** los siguientes:

1. Elaborar el marco teórico-práctico referencial de la investigación, a partir de las concepciones del sistema logístico con énfasis en el subsistema de distribución física, así como las técnicas utilizadas para el diseño de rutas de distribución en la función de transporte, a través de su desarrollo, importancia y tendencias actuales.
2. Seleccionar el procedimiento para la mejora de la función de transporte dentro de la distribución física en empresas comercializadoras.
3. Aplicar el procedimiento seleccionado perfeccionando las rutas de distribución de la Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos en el municipio Holguín.

El **campo de acción** es: el diseño de rutas de distribución en la Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos en el municipio Holguín.

Estableciéndose como **idea a defender**: la propuesta de rediseño de las rutas de distribución en la función de transporte en la Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos en el municipio Holguín a partir de la aplicación de métodos matemáticos, eleva la oportunidad en las entregas y contribuye a la disminución de los costos.

En el desarrollo de la investigación se utilizaron **métodos teóricos**, apoyados en un conjunto de técnicas y herramientas:

Métodos Teóricos

Histórico-lógico: posibilitó el análisis, en la literatura especializada, del surgimiento y evolución de la distribución física como subsistema de la logística empresarial.

Sistémico-estructural: se empleó para dar un enfoque sistémico y de procesos al estudio, específicamente al análisis de la distribución física como subsistema de la logística.

Análisis y síntesis: mediante la revisión de literatura y documentación especializada, así como de la experiencia teórica y práctica de especialistas consultados.

Inductivo-deductivo: facilitó la aplicación del procedimiento, para el perfeccionamiento de la distribución física en empresas comercializadoras.

Métodos empíricos: Redes sociales en el Ucinet 6 for Windows Versión 6.165, análisis bibliométricos, revisión documental y observaciones científicas.

El presente trabajo se estructuró de la forma siguiente: introducción, capítulo I, que contiene el marco teórico-práctico referencial de la función de transporte dentro de la distribución física; un capítulo II que trató la aplicación de procedimiento seleccionado para la mejora de la función de transporte dentro de la distribución física en empresas comercializadoras, con énfasis en el ruteo de vehículos, conclusiones, recomendaciones, la bibliografía consultada y un conjunto de anexos que complementan la investigación realizada.

Capítulo I. Marco teórico-práctico referencial del diseño de rutas de distribución

En el presente capítulo se describen los principales conceptos y métodos que fueron empleados en el desarrollo de la investigación, a partir de la consulta de bibliografía especializada. Es por ello que la estrategia seguida por el autor para la construcción del marco teórico-práctico referencial (figura 1.1), se estructuró de forma que permita el análisis del estado del arte y de la práctica de la función de transporte dentro de la distribución física en empresas comercializadoras, quedando así sentadas las bases teórico-prácticas del proceso de investigación. Se aborda la definición, evolución, subsistemas, actividades e importancia de la logística.

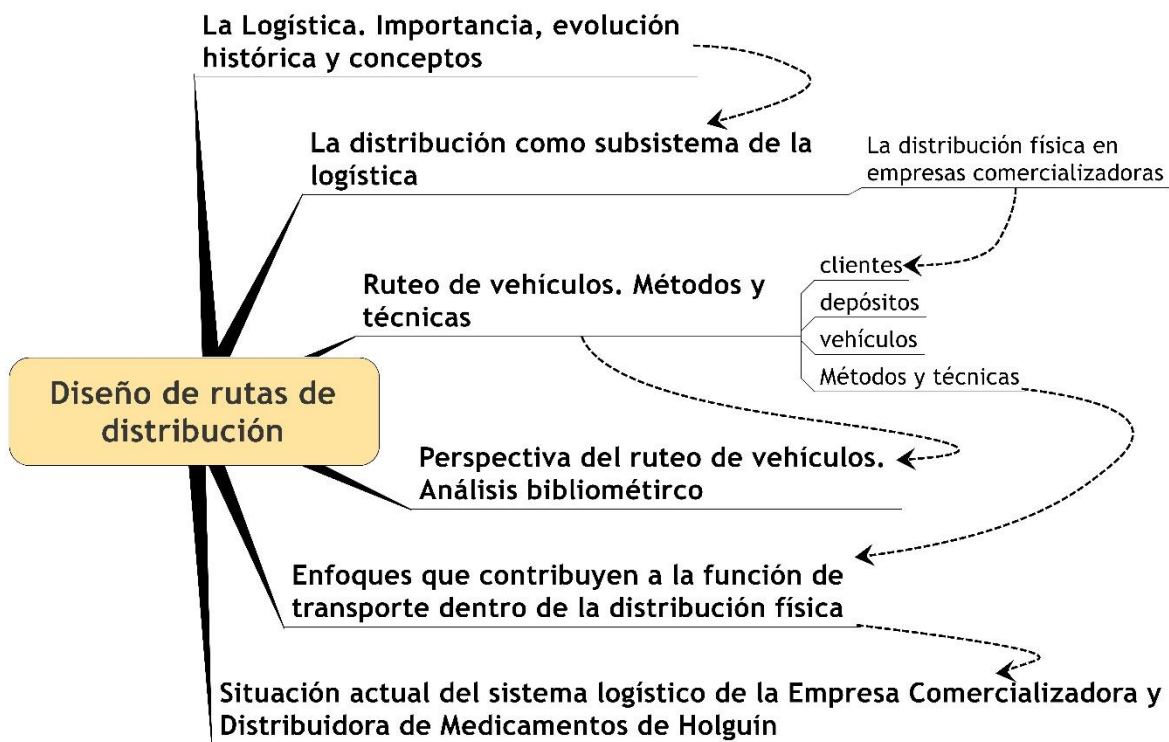


Figura 1.1 Hilo conductor seguido para la elaboración del marco teórico-práctico referencial de la investigación.

1.1. La Logística. Importancia, evolución histórica y conceptos

La gestión logística, como generalidad, se encarga de garantizar el flujo de recursos a lo largo de todo el proceso productivo desde los proveedores hasta el mercado. Por tanto, es correcto afirmar que esta constituye el centro de circulación material de la vida empresarial (Vega de la Cruz, 2014). Desde los inicios de la

humanidad, las mercancías que las personas deseaban, no se producían donde querían consumirlas, o bien no estaban disponibles en el momento en que les apetecía.

Tanto los alimentos como otros bienes se encontraban dispersos por toda la tierra y abundaban solamente en determinadas épocas del año; surgiendo desde ese entonces, las primeras acciones que tributaron al surgimiento de lo que hoy, se conoce por logística. La logística, desde su surgimiento hasta la actualidad, ha transitado por varias etapas que han nutrido su concepción. Cuando se procede al estudio de la Logística Empresarial se debe partir por caracterizar las etapas o períodos por los que ha transitado. En el contexto cubano, (Acevedo Suárez, Gómez Acosta, Urquiaga Rodríguez y Hernández Torres, 1996; Gómez Acosta, 2001) la definen como el conjunto de todas las actividades relacionadas con el flujo de materiales desde el punto del proveedor hasta el punto del consumidor, contempla además de las actividades materiales aquellas mediante las que se planifica, organiza, regula y controla dicho flujo material (gestión) de forma eficiente entendiéndose por eficiente llegar al punto consumidor con la cantidad y calidad requerida en el momento y lugar demandado con el menor costo posible. Cespón Castro y Amador Arellana (2003), consideran que “Logística es el proceso de gestionar los flujos material e informativo de materias primas, inventario en proceso, productos acabados, servicios y residuales desde el suministrador hasta el cliente, transitando por las etapas de gestión de los aprovisionamientos, producción, distribución física y de los residuales”.

Como parte del proceso evolutivo de la logística (ver figura 1.2), esta es redefinida por Acevedo Suárez y Gómez Acosta (2007), cuando enuncian el concepto moderno de logística, estos la describen como “la acción del colectivo laboral dirigida a garantizar las actividades de diseño y dirección de los flujos materiales, informativo y financiero, desde sus fuentes con el objetivo de proveer al cliente los productos y servicios en la cantidad, calidad, plazos, costos, lugar y con la información demandados, con elevada competitividad y garantizando la preservación del medio ambiente”.

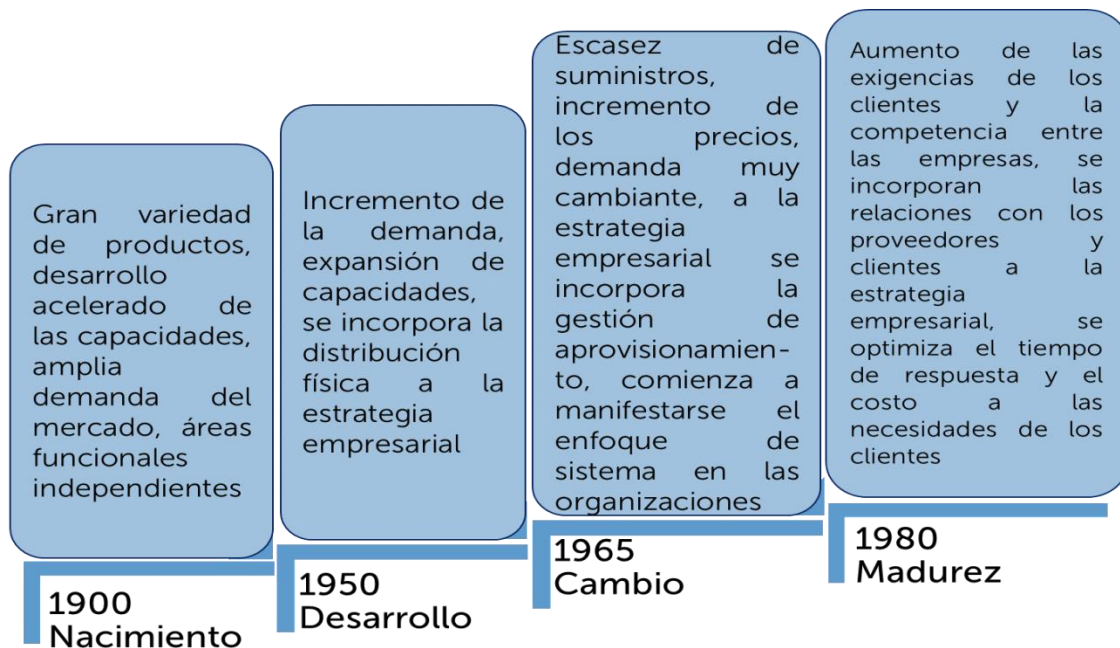


Figura 1.2 Evolución de la concepción de la logística empresarial.
Fuente: Pérez Pravia (2010).

Un concepto más actual, dado por el *Council of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP) (2008); la define como la parte de la cadena de suministros (*supply chain*) que planea, instrumenta y controla, en forma eficiente y efectiva, el flujo directo e inverso, y el almacenamiento de los bienes, los servicios y la información relacionada entre el punto de origen hasta el punto de consumo, para satisfacer los requerimientos de los clientes. En las diferentes definiciones se aprecia la evolución del enfoque dado a la logística, el autor de esta investigación coincide con Herrera González (2013), quien asume como válido el estudio desarrollado por Acevedo Suárez *et al.* (2007) como uno de los más acabados, a la vez, que considera que los objetivos de toda organización, y específicamente de su sistema de gestión logística, debe ser lograr la satisfacción de sus clientes con una alta productividad de sus recursos; o sea, procurar bienes y servicios que

satisfagan las necesidades y gustos de los clientes, a un precio competitivo y en un margen de tiempo razonable, destacándose así la necesidad de gestionar el nivel de servicio que permita superar las expectativas crecientes de sus clientes.

1.1.1. Subsistemas logísticos

Diversos autores¹ reconocen los procesos fundamentales de la gestión logística como los siguientes: aprovisionamiento, producción, distribución, y reutilización (conocida como logística inversa o reversa, o logística verde).

Aprovisionamiento: consiste en el conjunto de actividades que se desarrollan en una organización para asegurar la disponibilidad de los bienes y servicios externos que le son necesarios para el cumplimiento de su misión. El aprovisionamiento incluye la determinación de demandas, la gestión de inventarios, las compras, el almacenamiento, el transporte y la negociación.

Producción/operaciones: este subsistema se encarga propiamente de la fabricación, o sea, de la transformación de los distintos objetos de trabajo (materias primas, materiales, etc.) en productos terminados. La producción incluye las actividades de fabricación, la transportación, el almacenaje, la manipulación, el control de la calidad y el manejo de inventarios.

Distribución física: aglomera el conjunto de acciones que realizan los suministradores para colocar los productos en manos del cliente, en el momento y lugar oportuno, con los requerimientos y especificaciones de calidad establecidos y con el mínimo costo posible. La distribución física incluye los envases, el marcado, la documentación, la unitarización, el almacenamiento, la manipulación, el transporte, el seguro, la aduana y el bancario.

Residual (reutilización) o logística inversa: se encarga de gestionar las materias primas, material en proceso y producción terminada desde su momento de consumo hasta el origen, con el objetivo fundamental de recuperar valor o para su recuperación ecológica de forma eficiente y eficaz.

En el caso de empresas comercializadoras, que no tienen incorporado el proceso de producción material, se coincide con Herrera González (2013), quien considera que los subsistemas se simplifican abarcando sólo el aprovisionamiento, la

¹ Acevedo Suárez, 2010; Pérez Pravia, 2010; Torres Gemeil et al, 2007; Velázquez Albiol, 2007; Knudsen González, 2005; Pérez Campaña, 2005; Cespón Castro, 2003.

distribución física y el residual o logística inversa, manteniéndose en lo general los contenidos descritos. La función de almacenamiento, antes considerada tanto en el proceso de aprovisionamiento como en el de distribución física, se unifica y a su vez constituye el enlace entre ambos subsistemas. La logística se considera importante por la necesidad de mejorar el servicio al cliente, mejorando la fase de mercadeo y transporte al menor costo posible, algunas de las actividades que puede derivarse de la gerencia logística en una empresa son las siguientes:

- aumento en líneas de producción
- la eficiencia en producción, alcanzar niveles altos
- la cadena de distribución debe mantener cada vez menos inventarios
- desarrollo de sistemas de información

Estas pequeñas mejoras en una organización traerán los beneficios siguientes:

- Incrementar la competitividad y mejorar la rentabilidad de las empresas para acometer el reto de la globalización
- Optimizar la gerencia y la gestión logística comercial nacional e internacional
- Coordinación óptima de todos los factores que influyen en la decisión de compra: calidad, confiabilidad, precio, empaque, distribución, protección, servicio
- Ampliación de la visión Gerencial para convertir a la logística en un modelo, un marco, un mecanismo de planificación de las actividades internas y externas de la empresa.

1.2. La distribución como subsistema de la logística

Como se mencionó anteriormente dentro de la logística se reconoce al subsistema de distribución. Este gestiona los productos desde que salen del almacén hasta que llegan al punto de consumo. La finalidad es sincronizar desde el almacén la demanda de cada servicio con la producción, considerando para ello el transporte interno, las frecuencias de reparto y el sistema de distribución, para poder reducir los plazos de entrega y las existencias en almacén.

El transporte como “actividad clave de la logística, permite el traslado de materiales y mercancías hasta los puntos de consumo; su función es añadir valor de tiempo y lugar” (Velázquez Albiol, 2000; Cespón Castro *et al.*, 2003), lo que

significa colocar la mercancía en el lugar y el momento en que se requiere, para así conseguir su verdadero valor de uso; razón por la cual la distribución se convierte en elemento clave de éxito y de carácter vital, siendo necesario gestionarlo adecuadamente.

En la medida que el comercio mundial crece, también lo hacen los requerimientos para que la distribución sea eficiente y económica tanto en el comercio interior como en el internacional (Ballou, 2004). Con la especialización de las unidades productivas, los sistemas de distribución han alcanzado una mayor importancia, sin embargo “los costos de operación en esta función se han incrementado, lo que promueve la contratación del servicio de transporte a operadores logísticos”, la tendencia es reducir los mismos mientras se incrementa la calidad de los servicios de transportación, a pesar de lo que representa el consumo de combustible y la importación de piezas de repuesto.

La diversidad de los medios de transporte, está en correspondencia con las características de las cargas a transportar y las vías utilizadas de transportación. Se reconocen cinco modos de transporte: acuático, ferroviario, automotor, aéreo y por tuberías (Velázquez Albiol, 2000; Cespón Castro *et al.*, 2003; Ballou, 2004; D. Torres Gemeil, 2007). La selección del modo a emplear está en función de las variables que se distinguen en el proceso: costo, rapidez, capacidad de carga, etc. El transporte automotor garantiza el movimiento de las cargas entre los nodos y la distribución al cliente final, y en correspondencia con las condiciones económicas y geográficas, puede convertirse en el principal modo de transporte de cargas, ejemplo: en Cuba. Entre las características del transporte automotor destacan (Martínez Cruz, 2015):

- La flexibilidad de las rutas; accesibilidad (entrega puerta a puerta)
- Diversidad de medios de transporte (marca), y de su capacidad de carga
- Posee menor capacidad de carga promedio que los otros medios de transporte
- Constituye una de las mayores fuentes de contaminación ambiental dentro de las ciudades
- El costo promedio de los medios de transporte es menor
- La especialización para su explotación es menor

El objetivo esencial de la distribución es garantizar el nivel de servicio deseado por los clientes, con un nivel de gastos que permita alcanzar las utilidades esperadas. La distribución cumple diferentes funciones, entre ellas se pueden mencionar las siguientes (Martínez Delgado *et al.*, 2000):

- Equilibrar la oferta y la demanda en cuanto a surtidos, variedades y cantidades de productos en cada momento de acuerdo al comportamiento del mercado
- La información que posee el distribuidor, permite establecer gustos, preferencias, fluctuaciones y tendencias, por lo que puede emitir opiniones sobre qué surtidos producir, en qué momento, en qué cantidades, cómo promocionarlos, etc
- La venta y la publicidad le otorgan una fortaleza muy particular al distribuidor, es la capacidad que dispone de publicitar, promocionar e influir en la venta del producto, ya sea con financiamiento del productor o propio, con planes de comunicación montados por el productor o por sí mismo. El distribuidor puede manejar su propia imagen para influir en el consumidor favorablemente hacia determinados productos
- El distribuidor tiene la posibilidad de brindar servicios que incrementan el valor de uso de la mercancía, entre ellos se pueden mencionar: entrega a domicilio, instalación y montaje de equipos, asistencia técnica y la información sobre los productos.

El esquema de distribución que se adopte estará en correspondencia con la cantidad y ubicación geográfica de los puntos a los cuales debe suministrar, ya que por una parte la demanda generada por los clientes caracteriza los pedidos de los mismos en cuanto a tamaño, frecuencia, surtidos y ciclo pedido – entrega y por otra parte, la dispersión geográfica del segmento de mercado a servir determina la selección de los medios de transporte en cuanto a tipo y cantidades, incidiendo en los dos procesos de la gestión de distribución (preparación de pedidos y transporte).

En la literatura revisada (Meneses Marcel, 2009) se encuentran esquemas generales para los sistemas logísticos de distribución y algoritmos para su mejora continua, un ejemplo de los cuales aparece en los anexos 1 y 2.

El transporte materializa la distribución física atendiendo al área geográfica a servir en el tiempo necesario con adecuados índices de explotación de los medios empleados para ello, teniendo en cuenta la legislación vigente. Como objetivos esenciales del subsistema de distribución física, se pueden citar los siguientes:

- ✓ llegar al cliente en el plazo y en el modo estipulado
- ✓ minimizar los costos de distribución física, maximizando el beneficio
- ✓ minimizar los costos totales de distribución física hacia el momento de la entrega al cliente, para una mayor rentabilidad.

Para empresas que no tienen incorporado el proceso de producción como tal abarcando solo el aprovisionamiento y la distribución física se unifica y queda de la manera siguiente:

Tabla 1.1. Sistema logístico para una empresa comercializadora

Sistema	Proceso	Función
Logístico	Aprovisionamiento	Planificación
		Compras
	Distribución	Almacenes
		Preparación
		Transporte

Fuente: M. Torres Gemeil y Mederos Cabrera (2004).

1.2.1. La distribución física en empresas comercializadoras

Para las empresas que no son productoras y se dedican a la distribución de mercancías, se hace necesaria la utilización de diferentes canales de distribución o canales comerciales, que nacen como consecuencia de la multiplicación de los intercambios de bienes entre los productores y los consumidores. Constituyen el medio, forma o ruta por el cual atraviesan todos los productos para llegar a su consumidor final.

Según Fall (1986) un canal de distribución se puede definir como el conjunto de todas las empresas e individuos que cooperan para fabricar, distribuir y consumir o usar un determinado bien o servicio procedente de un productor particular. De igual forma debe señalarse que las actividades de distribución bajo la responsabilidad de los fabricantes suelen recibir el nombre de distribución física, que es un componente fundamental del sistema logístico, ya que se encuentra directamente relacionada con los clientes. La estrecha unión existente entre



ambos conceptos (logística y distribución física), ha desencadenado procesos de desarrollo casi idénticos, por lo que sería difícil realizar estudios separados sobre la evolución histórica de cada uno de ellos (Manuel Torres Gemeil, Daduna y Mederos Cabrera, 2004). Siendo necesaria la utilización de los diferentes canales de distribución, estos tienen disímiles funciones, como los beneficios de lugar para que el consumidor final no tenga que recorrer grandes distancias y siempre este a su alcance el producto. Para su logro se hace necesaria una diversa gama de factores que influyen en el manejo y operación, estos pueden ser las características de los clientes, de los productos, la competencia entre otros. Cada empresa tendrá que identificar alternativas para llegar a sus mercados meta, que van desde la venta directa hasta el uso de canales con uno, dos, tres o más niveles de intermediarios. Como niveles de intermediarios se entiende el número de intermediarios que mediarán en la transportación de productos al consumidor (figura 1.3).

El que se mencionen estos canales de la manera en que se ha hecho no significa que sean excluyentes; en ocasiones se impone una combinación de ellos. Existen distintos criterios para la selección del canal de distribución. Las decisiones sobre distribución deben ser tomadas con base en los objetivos y estrategias de mercadotecnia general de la empresa. La mayoría de estas decisiones las toman los productores/distribuidores, quienes se guían por tres criterios gerenciales:

- ✓ La cobertura del mercado: en la selección del canal es importante considerar el tamaño y el valor del mercado potencial que se desea abastecer
- ✓ Control: se utiliza para seleccionar el canal de distribución adecuado, es decir, es el control del producto. Por lo que resulta más conveniente usar un canal corto de distribución ya que proporciona un mayor control
- ✓ Costos: los costos de distribución son generalmente más bajos cuando se utilizan intermediarios en el canal de distribución.

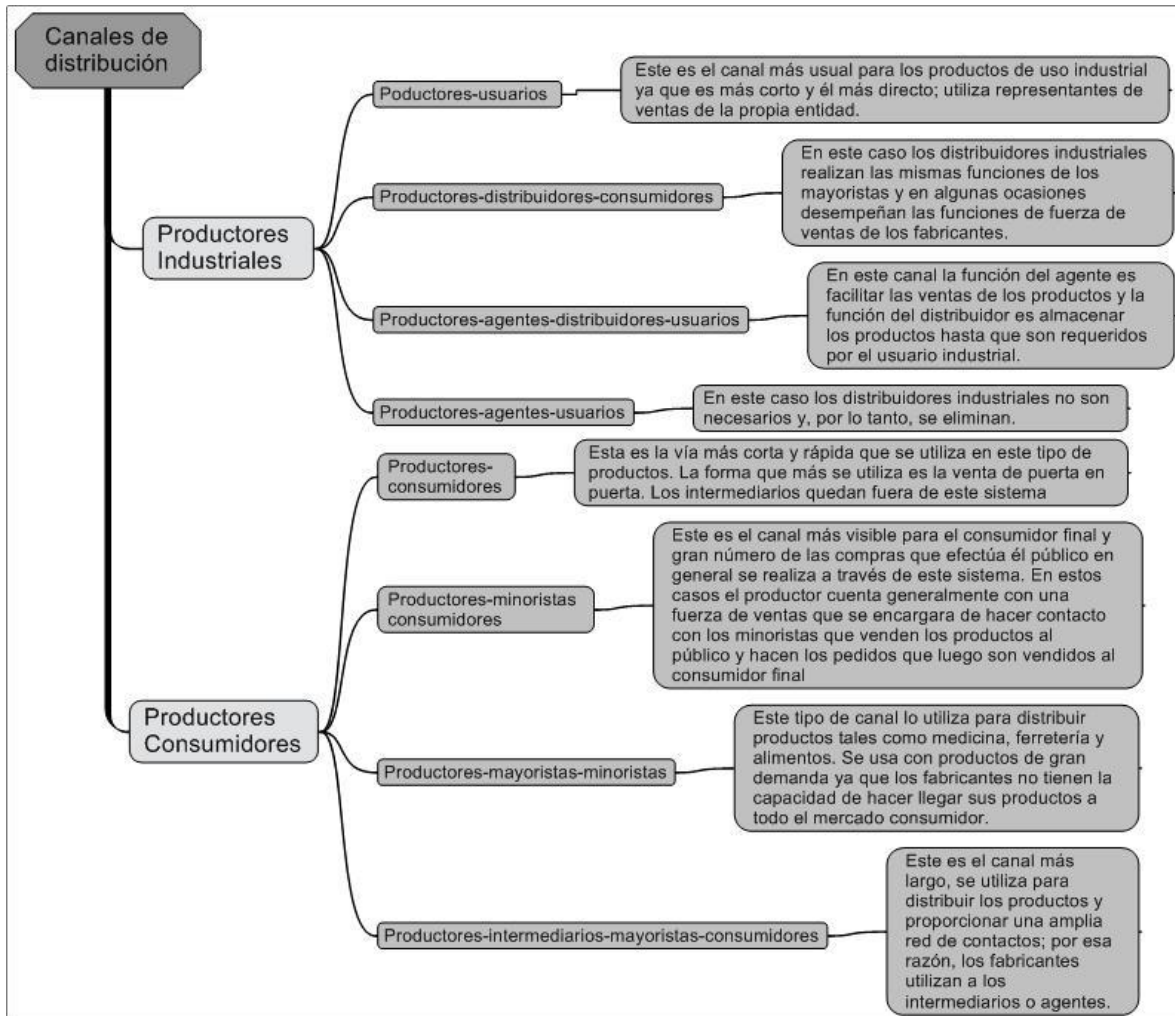


Figura 1.3. Diferentes clasificaciones para los canales de distribución.

Fuente: Chamoso Vedia (2014).

De lo anterior se puede deducir que el utilizar un canal de distribución más corto da una cobertura de mercado muy limitada, un control de los productos más alto y unos costos más elevados; por el contrario, un canal más largo da por resultado una cobertura más amplia, un menor control del producto y costos bajos. Cuanto más económico parece un canal de distribución, menos posibilidades tiene de conflictos y rigidez.

Al hacer la valoración de las alternativas se tiene que empezar por considerar sus consecuencias en las ventas, en los costos y en las utilidades. Las dos alternativas conocidas de canales de distribución son: la fuerza vendedora de la

empresa y la agencia de ventas del productor. Como se sabe el mejor sistema es el que produce la mejor relación entre las ventas y los costos.

Las decisiones sobre los canales de distribución dan a los productos los beneficios del lugar y los beneficios del tiempo al consumidor. El beneficio del lugar se refiere al hecho de llevar un producto cerca del consumidor con el fin de que no tenga que recorrer grandes distancias para obtenerlo y satisfacer así una necesidad.

El beneficio del tiempo es consecuencia del anterior ya que, si no existe el beneficio del lugar, tampoco este puede darse. Consiste en llevar un producto al consumidor en el momento más adecuado al menor costo posible.

1.3. Ruteo de vehículos. Métodos y técnicas

A grandes rasgos un problema de ruteo de vehículos (VRP), por sus siglas en inglés, consiste en: dado un conjunto de clientes y depósitos dispersos geográficamente y una flota de vehículos, determinar un conjunto de rutas de costo mínimo que comiencen y terminen en los depósitos, para que los vehículos visiten a los clientes. Las características de los clientes, depósitos y vehículos, así como diferentes restricciones operativas sobre las rutas, dan lugar a diferentes variantes del problema (Olivera, 2004; Rodríguez Rodríguez, 2010; Prato torres, Suero Pèrez y Guzmàn Àvila, 2015; Toro Ocampo, Franco Baquero y Gallego Rendón, 2016).

1.3.1. Los clientes

Cada cliente tiene cierta demanda que deberá ser satisfecha por algún vehículo. En muchos casos, la demanda es un bien que ocupa lugar en los vehículos y es usual que un mismo vehículo no pueda satisfacer la demanda de todos los clientes en una misma ruta. Un caso equivalente al anterior ocurre cuando los clientes son proveedores y lo que se desea es recoger la mercadería y transportarla hacia el depósito (Martínez Delgado *et al.*, 2000).

También podría ocurrir que la mercadería deba ser transportada a los clientes, pero no esté inicialmente en el depósito, sino distribuida en ciertos sitios proveedores. En este caso, los proveedores deben ser visitados antes que los clientes.

En otros casos la demanda no es un bien sino un servicio: el cliente simplemente debe ser visitado por el vehículo. Un mismo vehículo podría, potencialmente, visitar a todos los clientes. En otra variante del problema, cada cliente tiene una ubicación y desea ser transportado hacia otro sitio.

Aquí la capacidad del vehículo impone una cota sobre la cantidad de clientes que puede alojar simultáneamente. Es usual que cada cliente deba ser visitado exactamente una vez. Sin embargo, en ciertos casos se acepta que la demanda de un cliente sea satisfecha en momentos diferentes y por vehículos diferentes.

Los clientes podrían tener restricciones relativas su horario de servicio. Usualmente estas restricciones se expresan en forma de intervalos de tiempo (llamados ventanas de tiempo) en los que se puede arribar al cliente.

En problemas con varios vehículos diferentes podría existir restricciones de compatibilidad entre éstos y los clientes. En estos casos, cada cliente sólo puede ser visitado por algunos de los vehículos (por ejemplo, algunos vehículos muy pesados no pueden ingresar en ciertas localidades).

1.3.2. Los depósitos

Tanto los vehículos como las mercaderías a distribuir (si las hubiera) suelen estar ubicadas en depósitos. Usualmente se exige que cada ruta comience y finalice en un mismo depósito, aunque este podría no ser el caso en algunas aplicaciones (por ejemplo, podría ser que el viaje debiera finalizar en el domicilio del conductor del vehículo).

En los problemas con múltiples depósitos cada uno de estos tiene diferentes características, por ejemplo, su ubicación y capacidad máxima de producción. Podría ocurrir que cada depósito tenga una flota de vehículos asignada a priori o que dicha asignación sea parte de lo que se desea determinar.

Los depósitos, al igual que los clientes, podrían tener ventanas de tiempo asociadas. En algunos casos debe considerarse el tiempo necesario para cargar o preparar un vehículo antes de que comience su ruta, o el tiempo invertido en su limpieza al regresar. Incluso, por limitaciones de los propios depósitos, podría querer evitarse que demasiados vehículos estén operando en un mismo depósito

a la vez (es decir, la congestión del depósito) (Henningsson, Karlsson y Rönnqvist, 2007).

1.3.3. Los vehículos

La capacidad de un vehículo podría tener varias dimensiones, como por ejemplo peso y volumen. Cuando en un mismo problema existen diferentes mercaderías, los vehículos podrían tener compartimentos, de modo que la capacidad del vehículo dependa de la mercadería de que se trate. En general, cada vehículo tiene asociado un costo fijo en el que se incurre al utilizarlo y un costo variable proporcional a la distancia que recorra (Rodríguez Rodríguez, 2010).

Los problemas en que los atributos (capacidad, costo, etc.) son los mismos para todos los vehículos se denominan de flota homogénea, y, si hay diferencias, de flota heterogénea. La cantidad de vehículos disponibles podría ser un dato de entrada o una variable de decisión. El objetivo más usual suele ser utilizar la menor cantidad de vehículos y minimizar la distancia recorrida ocupa un segundo lugar.

Regulaciones legales podrían imponer restricciones sobre el tiempo máximo que un vehículo puede estar en circulación e incluso prohibir el pasaje de ciertos vehículos por ciertas zonas. En algunos casos se desea que la cantidad de trabajo realizado por los vehículos (usualmente el tiempo de viaje) no sea muy dispar. En general se asume que cada vehículo recorre una sola ruta en el período de planificación, pero últimamente se han estudiado modelos en los que un mismo vehículo puede recorrer más de una ruta.

1.3.4. Métodos y técnicas

La demanda de servicio en un territorio influye directamente en las estrategias a seguir para cubrir los puntos de demanda y en consecuencia, la topología de la red de almacenes, centros de consolidación y delegaciones de la empresa logística. La estrategia óptima a aplicar en un sistema de distribución debe responder a un balance de los distintos costos logísticos que actúan: los costos de transporte, costos de inventario (fijos o en tránsito) costos de manipulación y de amortización asociados a los almacenes y centros de consolidación.

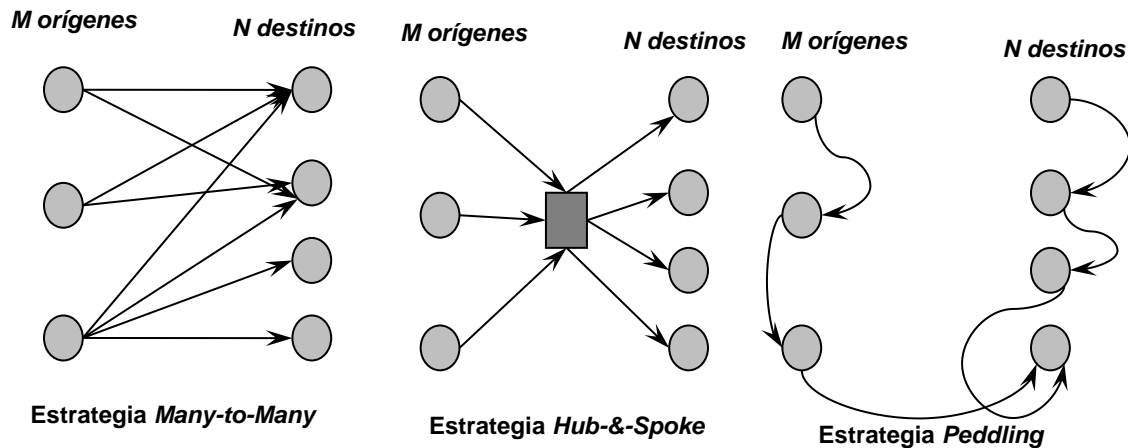


Figura 1.3. Estrategias básicas cuya combinación permiten planificar un sistema de distribución física. Fuente: Estrada (2007).

- Envíos directos (*many-to-many*): esta estrategia permite recorrer una distancia significativa con un alto número de vehículos para efectuar la distribución, por lo que únicamente se considera cuando los costos de servicio del vehículo son reducidos, cuando la demanda asociada entre todos los puntos origen-destino puede llenar la capacidad del vehículo o cuando las restricciones temporales sean importantes
- Envíos (*hub-&-spoke*): la construcción de centros de consolidación de carga (*hubs*) admite la concentración de la mercancía en estos puntos y la optimización de la capacidad de los vehículos es escenarios con una distribución espacial de demanda no uniforme. Esta estrategia permite incrementar el factor de carga de los vehículos y en consecuencia, se reduce el costo unitario de transporte a nivel general de toda la red así como el tiempo total de la distribución
- Envíos con paradas múltiples. La aplicación de esta estrategia comporta comparativamente un número reducido de rutas compuestas por un alto número de paradas en cada una de ellas. Su aplicación se puede llevar a cabo cuando el costo y el tiempo para realizar una parada adicional en una ruta es reducido y en escenarios con costos de servicio de vehículo relativamente altos.

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 las rutas de distribución, con un enfoque multicriterial tal que con ello, se obtengan resultados más cercanos a un valor deseado.

Tabla 1.2. Decisiones logísticas en la distribución

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
Selección de los medios de transporte	Costo de transportación
	Consumo de combustible
	Utilización de las capacidades de los medios de transporte

Fuente: Knudsen González (1997).

Según Jiménez Sánchez *et al.* (2002), con la especialización de las unidades productivas, la distribución de mercancías 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:

- optimizar el uso de los vehículos de transporte en su capacidad de carga
- disminuir al máximo los tiempos de las operaciones de carga y descarga de los vehículos de transporte en los nodos de la red
- seleccionar el método adecuado para optimizar el transporte de reparto optimizar la explotación de los vehículos y medios de manipulación y almacenamiento de las cargas.

Dentro del subsistema de distribución, específicamente en la actividad de transporte, el objetivo es encontrar una ruta óptima y factible para cada uno de los vehículos. Esta decisión incluye tres aspectos fundamentales según refieren Qiu y Hsu (1999), primero es necesario saber si existe una ruta, la cual podría ir del punto de origen al punto de destino; segundo, la ruta seleccionada debe ser



factible, es decir libre de congestión, de conflictos, de embotellamiento, según Taghaboni y Tanchoco (1995) y tercero, el camino debe ser óptimo, o al menos casi óptimo, de acuerdo a la función objetivo. Para Jaque Pirabán (2008), los problemas de rutas de distribución en realidad son un amplio conjunto de variantes y personalizaciones de problemas. Desde los que son más sencillos hasta algunos que hoy día siguen siendo materia de investigación.

Diversos autores han desarrollado un conjunto de algoritmos y métodos para la confección de las rutas de distribución, ya sea utilizando métodos tradicionales de optimización (exactos y aproximados), los heurísticos y los metaheurísticos. Moraga Suazo (2003), considera que los métodos exactos permiten llegar a una solución óptima en presencia de una gran diversidad de variables, se utilizan técnicas con el objetivo de reducir el espacio de búsqueda. Se emplean sólo en casos relativamente pequeños (Faulin, 2006). Los métodos aproximados son los de mayor aplicación práctica, ya que consienten en encontrar soluciones apropiadas de una forma más rápida, como le exige la mayoría de los sistemas logísticos (Garza Ríos y González Sánchez, 2004). Por otra parte los heurísticos son métodos que se emplean para resolver problemas no polinomiales, busca buenas soluciones cercanas al óptimo a un costo computacional razonable sin poder garantizar optimalidad. Su funcionamiento se basa en la experiencia, en un conocimiento de experto, es fácil de entender, pueden ser adaptados para incluir las restricciones encontradas en aplicaciones reales y realiza una exploración limitada del espacio de búsqueda (Molero y Salvador, s.a.). Los metaheurísticos se refieren al diseño de los tipos fundamentales de procedimientos heurísticos de solución de un problema de optimización. Algunos de los cuales están inspirados en la naturaleza y en vez de basar la búsqueda en un proceso constructivo lo hacen sobre varias soluciones simultáneamente (Moreno Pérez, 2004).

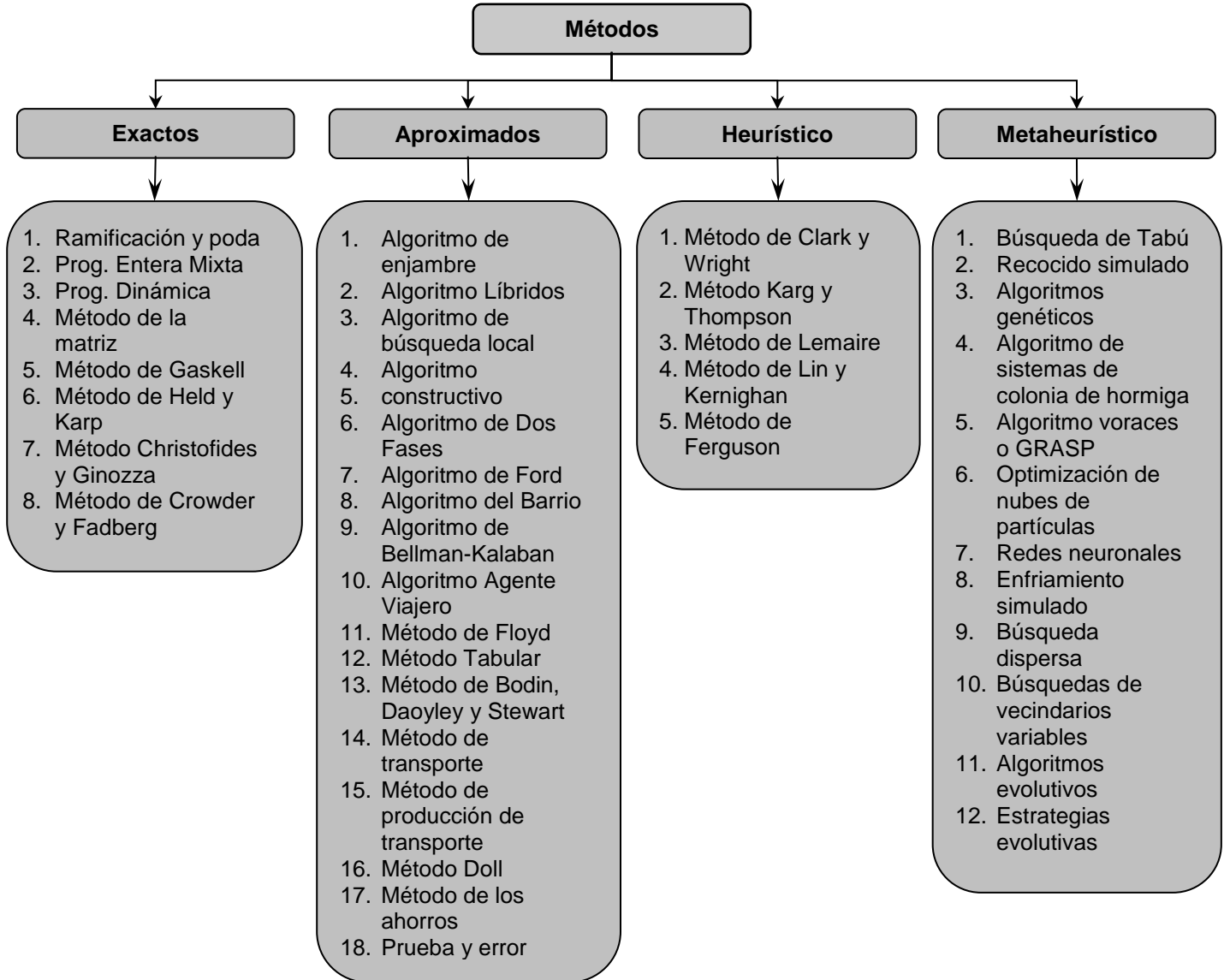


Figura 1.4. Principales métodos utilizados en el diseño de rutas de distribución.

A continuación se explicarán las principales características de cada uno de los métodos más utilizados en la literatura científica consultada y otras fuentes de información a las que se tuvo acceso:

Colonia de hormigas: es precisamente este algoritmo el que a partir de la construcción de las rutas de distribución, busca soluciones cercanas a las estrategias óptimas. Es una técnica evolutiva, de resolución de problemas de

optimización combinatoria, introducida por Dorigo y Stützle (2004), como una metaheurística basada en población que unifica, bajo un esquema general. Existen varias técnicas de resolución de problemas de optimización combinatoria que se caracterizan por usar un conjunto de agentes (hormigas artificiales) para construir soluciones en forma incremental, las que siempre encuentran según Gambardella y Dorigo (1997), el camino más corto entre el lugar donde habitan y las fuentes de comida. Esta metaheurística, posee mecanismos de explotación y exploración de caminos, lo cual evita el fácil atrapamiento en óptimos locales. Adicionalmente Campbell y Savelsberg (2003), precisan que debe ser empleada una heurística de inserción eficiente para completar las rutas en caso de que algún cliente quede sin ser evaluado por la Colonia de Hormigas. Esta técnica tiene unas series de ventajas entre las que se pueden citar las siguientes:

- construyen soluciones partiendo de cero,
- establecen un amplio algoritmo de mejora, donde de cada iteración se obtiene una solución mejorada, buscando en la vecindad la solución existente,
- para el desarrollo de soluciones altamente precisas o con óptimos locales muy pobres, la búsqueda de vecindad dependerá del tipo de estructura que se elija.

Los algoritmos de optimización mediante colonia de hormigas se han aplicado con resultados eficientes a diversos problemas de optimización combinatoria, tanto estáticos como dinámicos. Generalmente se combinan con algoritmos de búsqueda local que refinan las soluciones encontradas. Entre las principales aplicaciones se encuentran:

- Problema del Viajero Vendedor o Travelling Salesman Problem (TSP),
- Problema de Asignación Cuadrática o Quadratic Assignment Problem (QAP),
- Cubrimiento de Conjuntos o Set Covering Problem (SCP),
- Secuenciación de Tareas o Job Shop Scheduling (JSS),
- Enrutamiento de Redes de Comunicaciones,
- Enrutamiento de vehículos,
- Ordenación Secuencial,
- Secuenciación o Flow Shop Scheduling (FSS),
- Coloreado de Grafos,

- Aprendizaje Automático o Machine,
- Diseño de Circuitos Lógicos Combinatorios.

Búsqueda de Tabú: en el caso de esta técnica fue propuesta por Glover (1986), es un procedimiento metaheurístico utilizado para manejar un algoritmo heurístico de búsqueda local y así evitar que el proceso se detenga en un óptimo local, este realiza una exploración a través del espacio de configuraciones delimitando adecuadamente los óptimos locales. Las soluciones se obtienen en un escaso tiempo de cómputo y son suficientemente buenas pero aún no se conoce una demostración formal sobre su buen funcionamiento, así como se requiere de una memoria adaptativa como parte del algoritmo.

Como señalan Glover y Laguna (1997), la memoria, que permite guiar el proceso de búsqueda, es la principal característica de esta técnica; en este sentido, una mala elección puede ofrecer más información que una elección aleatoria y, por tanto, puede ser preferible. Existen dos tipos de memoria: la memoria a corto plazo y la memoria a largo plazo. Con el empleo de la memoria a corto plazo, es posible diseñar un buen proceso de búsqueda, aunque la mejor forma de explotar todas las posibilidades que ofrece esta técnica es el empleo de los dos tipos de memoria.

Recocido Simulado: según Reinelt (1994), esta metaheurística entrega resultados de muy buena calidad, pero para ello requiere de un largo tiempo de corridos. Constituye un algoritmo altamente dependiente del problema y sujeto a numerosos experimentos, además es un meta-algoritmo probabilístico genético para problemas de optimización global, localizando una buena aproximación al óptimo global de una función dada en un gran espacio de búsqueda. Es un método de búsqueda por entornos caracterizado por un criterio de aceptación de soluciones vecinas que se adapta a lo largo de su ejecución y pertenece a una clase más amplia de algoritmos conocidos como algoritmos de umbral.

Redes neuronales: como su nombre lo indica pretenden imitar a pequeñísimas escala la forma de funcionamiento de las neuronas que forman el cerebro humano. Una red neuronal está compuesta por numerosos conjuntos de procesadores elementales, las neuronas, que interaccionan unas con otras a

través de las sinapsis. La neurona a título individual es un dispositivo procesador muy simple. Sus canales de entrada de la información son las dendritas; el soma integra las señales de entrada y proporciona una respuesta, generalmente siguiendo una función de transferencia no lineal; el axón propaga esta respuesta hacia otras neuronas. La intensidad de interrelación entre dos neuronas viene dada por el exceso de peso sináptico que las relaciona: si es positivo, la neurona presináptica excitará a la postsináptica; si es negativo, la inhibirá. Todo ello en mayor o menor medida según su valor absoluto.

La red neuronal actúa en dos modos diferentes de operaciones: aprendizaje y recuerdo. Si se ha elegido un modelo de red neuronal conveniente a las necesidades del problema y se ha seleccionado un conjunto adecuado de patrones representativos de la operación que se quiere que efectúe, está manifestará capacidad de generación, adecuados a nuevos patrones.

Otro de los aspectos importantes de este campo es que hoy día se puede realizar utilizando programas de simulación escritos en lenguajes de alto nivel como Pascal o C++, que modelan la operación de la red y son ejecutados habitualmente sobre otros ordenadores secuenciales convencionales como los PC compatibles, con amplias posibilidades de cálculos en paralelo que trabaja a muy altas velocidades (Serrano Cinca y Martín del Brío, 1993).

Algoritmo genético: los algoritmos genéticos fueron ideados por Holland (1975), y están inspirados en los procesos de adaptación de los seres vivos. Los resultados de los patrones de evolución de los seres vivos han sido sobradamente probados con éxito (a lo largo de la evolución de las especies) y constituyen la base de los algoritmos genéticos. Los algoritmos genéticos pertenecen al grupo de las técnicas evolucionarias, que son aquellas que exploran un conjunto de soluciones y no una sola. De esta forma, se pretende que el proceso de búsqueda no quede atrapado en un óptimo local. Atendiendo a la naturaleza de la representación se pueden distinguir dos grandes grupos:

1. Codificaciones binarias: son las representaciones en cadenas de ceros y unos. Este tipo de codificación es el que más se ha empleado en la literatura,

tratando de obtener ventajas derivadas del empleo de los diferentes operadores basado en el teorema de los esquemas.

2. Codificaciones no binarias: aunque menos empleadas, pueden ofrecer ciertas ventajas. Exigen un tratamiento diferente al de las codificaciones binarias.

La particularidad de estos consiste en que cada iteración estudia un conjunto de soluciones, con ánimo de obtener poblaciones de mejor calidad (García Sánchez, s.a.).

Estos métodos destacan dentro de los más utilizados en la actualidad, e independientemente a que poseen características distintivas presentan puntos de contacto tanto positivos como negativos, que se detallan a continuación:

Positivos

- son relativamente sencillos; todo lo que se necesita es una representación adecuada del espacio de soluciones, una solución inicial (o un conjunto de ellas) y un mecanismo para explorar el campo de soluciones
- son generales: prácticamente se pueden aplicar en la resolución de cualquier problema de optimización de carácter combinatorio. Sin embargo, la definición de la técnica será más o menos eficiente en la medida en que las operaciones tengan relación con el problema considerado
- la regla de selección depende del instante del proceso y de la historia hasta ese momento. Si en dos iteraciones determinadas, la solución es la misma, la nueva solución de la siguiente iteración no tiene por qué ser necesariamente la misma.

Negativos

- son ciegas, no saben si llegan a la solución óptima. Por lo tanto, se les debe indicar cuándo deben detenerse
- son algoritmos aproximados, por lo que no garantizan la obtención de la solución óptima
- aceptan ocasionalmente malos movimientos (es decir, se trata de procesos de búsqueda en los que cada nueva solución no es necesariamente mejor en términos de la función objetivo que la inmediatamente anterior). Algunas veces aceptan, incluso, soluciones no factibles como paso intermedio para acceder a nuevas regiones no explorada.

Método de los ahorros (Clarke y Wright, 1964): Es uno de los algoritmos más implementados para resolver el VRP en general. Consiste en realizar una exploración limitada del espacio de búsqueda y dar una solución de calidad aceptable en un tiempo moderado. Se desarrolla partiendo de una solución con dos rutas $(0,..i,..,0)$ y $(0,..j,..,0)$, las cuales pueden ser combinadas generando así una sola ruta $(0,..,i,j,..,0)$ según se muestra en la **figura 1.5**.

El ahorro en distancia se encuentra representado por la ecuación siguiente:

$$S_{ij} = C_{io} + C_{oi} - C_{ij} \quad (1)$$

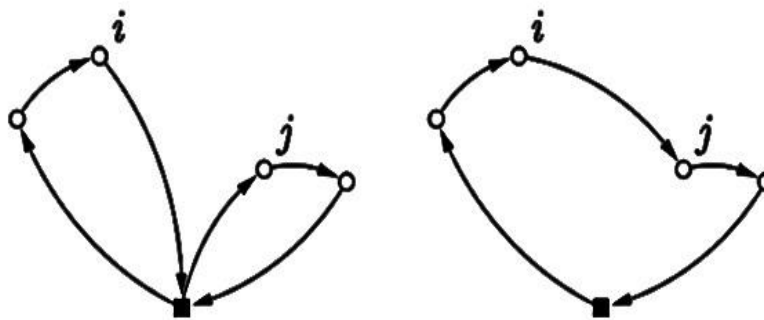


Figura 1.5 Dos rutas antes y después de ser unidas. Fuente: Lobaina Turiel (2017).

1.4. Perspectiva del ruteo de vehículos. Análisis bibliométrico

Dada la importancia que tienen los estudios bibliométricos para evaluar el surgimiento y desarrollo de las actividades propias del conocimiento y conocer la actividad científica de sus investigadores e instituciones, estos son objetivo de varias investigaciones (García Suárez, de León Rosales, Fuentes García y Ferreiro García, 2010; Montilla Peña, 2012; Sánchez Pereyra, Carrillo Romero y Garrido Villegas, 2014).

El estudio se realizó en la hemeroteca en línea *ScienceDirect* hecho motivado por ser de acceso libre, poseer visibilidad internacional y por difundir la producción científica actualizada en diferentes áreas del conocimiento, lo que permite realizar un análisis sobre productividad y colaboración desde este contexto. El análisis se enfocó en el comportamiento de las publicaciones enfocadas en la distribución logística a través de un muestreo comprendido desde el año 2000 hasta el mes de mayo del 2018. Para la recolección de los artículos se utilizó la base de datos

ScienceDirect, se aplicó el modelo búsqueda avanzada TAK (*Title, Abstract, Key words*) manejando las palabras claves distribución física, ruteo, transportación, redes de distribución, ruteo de vehículos y enrutamientos de vehículos.

Para ello, se tomaron las acciones siguientes: definir los indicadores bibliométricos que fueron utilizados para el análisis de la producción científica sobre ruteo de vehículos, aplicar los indicadores bibliométricos seleccionados y analizar los datos obtenidos a partir del análisis bibliométrico. El conjunto de información analizada proviene de 395 artículos, los cuales son firmados por 1258 autores registrados en 198 revistas, recolectadas durante el mes de mayo de 2018.

El procesamiento digital de la información se realizó con los programas EndNote X7 y Microsoft Excel 2016, permitiendo introducir los datos con el fin de lograr un análisis efectivo. Para el análisis de redes sociales fue empleado el UCINET 6 para *Windows*, obteniéndose una figura, para establecer la red de colaboración autoral, todo ello con la intención de mostrar un análisis descriptivo referente a la producción científica referente al ruteo de vehículos registrada en *ScienceDirect*.

Finalmente, el análisis del estudio bibliométrico se fundamentó en cada nivel productivo de acuerdo a los indicadores de productividad autoral y colaboración autoral, además productividad de artículos por año, recurrencia de las palabras clave de mayor interés y revistas con mayor número de publicaciones en los temas de interés para los autores.

Se presentan los resultados encontrados en la investigación, en la tabla 1.4, se puede observar que de 1258 autores que realizaron publicaciones relacionadas con los temas de interés y que se encuentran registrados en *ScienceDirect* en el 2018, el autor con mayor productividad es Acevedo Suárez, José A., otros autores predominan con mayor productividad son Gómez Acosta, Martha I, Lao León, Yosvani O, Marrero Delgado, Fernando y Pérez Pravia, Milagros C.

Tabla 1.4. Productividad autoral

Autor	No. de artículos
Acevedo Suárez, José A.	22
Gómez Acosta, Martha I.	18
Lao León, Yosvani Orlando	12
Marrero Delgado, Fernando	12
Pérez Pravia, Milagros Caridad	10
Taniguchi, Eiichi	7
Yamada, Tadashi	6
López Joy, Teresita	5
Timmermans, Harry	4
Arentze, Theo	4
Qureshi, Ali Gul	4
Carotenuto, Pasquale	3
González Ricardo, Joaquín José	3
Pardillo Baez, Yinef	3
Boile, María	3
Pérez Ávila, Mabel Isabel	3
López Martínez, Igor	3
Acevedo Urquiaga, Ana Julia	3
50 autores	2
1190 autores	1

Para la realización de la red para el análisis de colaboración entre autores, se realizó una matriz simétrica utilizando *Microsoft Excel* 2016 en la cual se agruparon los autores por filas y columnas, luego se escribió uno (1) en las celdas donde se interceptaban dos autores que habían colaborado en uno o más artículos y cero (0) en los casos en los que no existió colaboración, además se llenaron con cero (0) las celdas en las que se interceptaba un autor con el mismo, siguiendo el procedimiento propuesto por García Vidal (2011). Luego se procesaron los datos con el UCINET y se obtuvo la red primaria, que dada la gran cantidad de autores analizada resulta compleja y poco informativa, por lo que se consideró que para un mejor análisis era mejor dividirla en partes más pequeñas.

Para la división de la red realizó el análisis *K-Cores*, que permite identificar y separar cada grupo de autores relacionados entre sí y además identifica los nodos por colores según su grado de centralidad que es el número de actores de la red a los cuales un actor está directamente unido. Luego de realizado este análisis se pudo asumir el grado de centralidad como criterio para la división de la red, lo que permitió realizar la Tabla 1.5 en la que se relacionan los grados existentes en la red, la cantidad de autores por grado y el porcentaje significativo de autores en

cada grado, siendo los autores de grado cero solo el 15.38 % del total de autores aspecto que evidencia la tendencia de los autores a publicar en grupos.

Tabla 1.5. Cantidad de autores por grado de centralidad

Grado	Cantidad de autores	% significativo
grado 0	64	15,38
grado 1	231	55,53
grado 2	268	64,42
grado 3	255	61,30
grado 4	56	13,46
grado 5	18	4,33
grado 6	7	1,68
grado 7	16	3,85
grado 8	18	4,33

Luego de la realización del análisis de *K-Cores* y la división de la red por grados se obtuvieron ocho, cada una con la red de autores según el grado seleccionado, en la figura 1.6, que muestra a los autores que publican en los grupos de mayor tamaño.

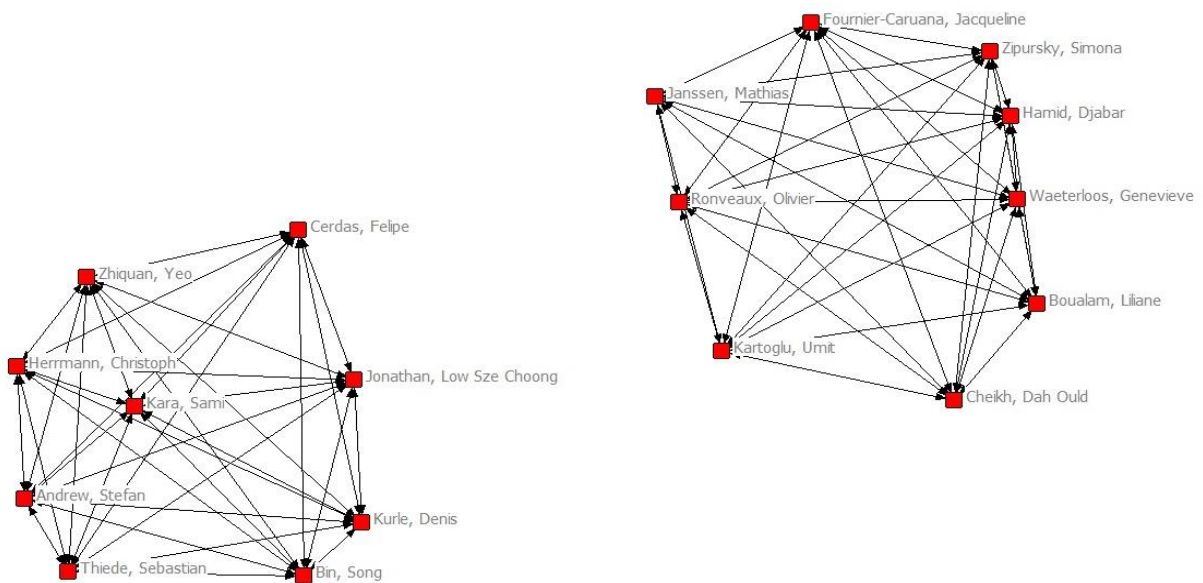


Figura 1.6. Autores que publican en los grupos de mayor tamaño.

Para el análisis de la productividad de artículos por revista se utilizó la herramienta *Subject Bibliography* una de las herramientas propias del EndNote la cual permite exportar listas de datos de las bases de datos creadas con el programa, esto arrojó que los 395 artículos se encontraban repartidos en 198 revistas, se

visualizan en figura 1.7 las 13 revistas que presentaron mayor productividad, entre las cuales se encuentran en primer lugar la Revista: *Transportation Research Part E* con 36 artículos seguida de *Annals of Operations Research* con 31 publicaciones, *Computers & Operations Research* y *Supply Chain Management: An International Journal* con 12 y 11 artículos respectivamente siendo estas las revistas más utilizadas por los autores.

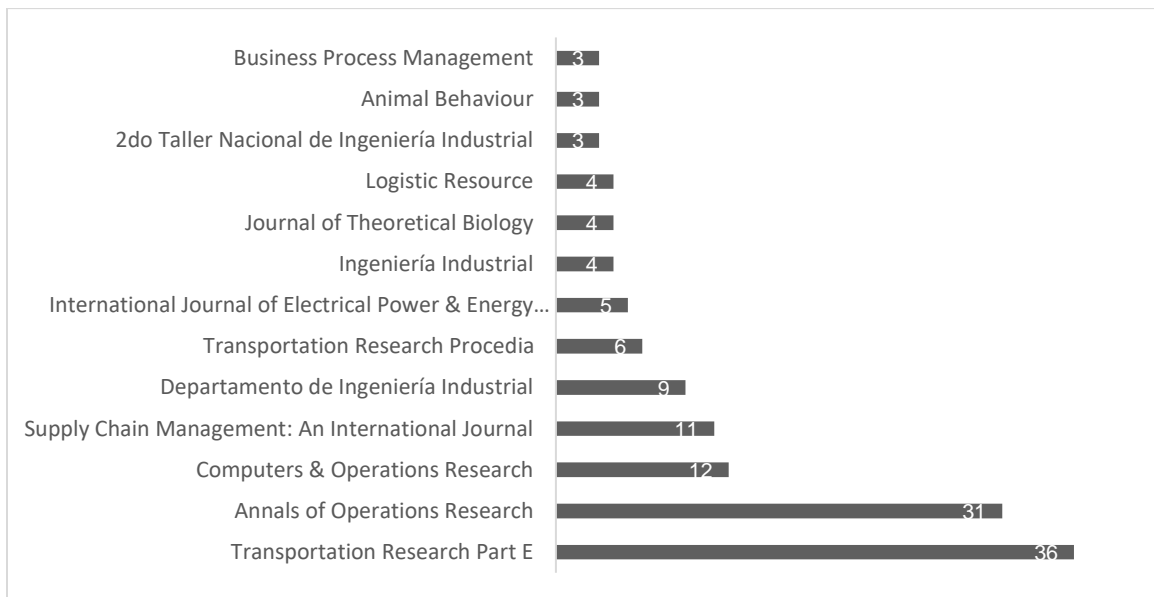


Figura 1.7. Productividad de artículos por revista.

En la figura 1.8 se muestra el periodo de tiempo estudiado. El análisis evidencia que antes del año 2000 solo se habían realizado 24 artículos relacionados con el tema en estudio, durante el transcurso del año 2000 se publicó 7 artículos, durante el 2001 se incrementa con 3 artículos, el año 2002 fue el de menor productividad sobre la temática y en 2014 se publican 56 artículos siendo este el año de mayor productividad de los estudiados.

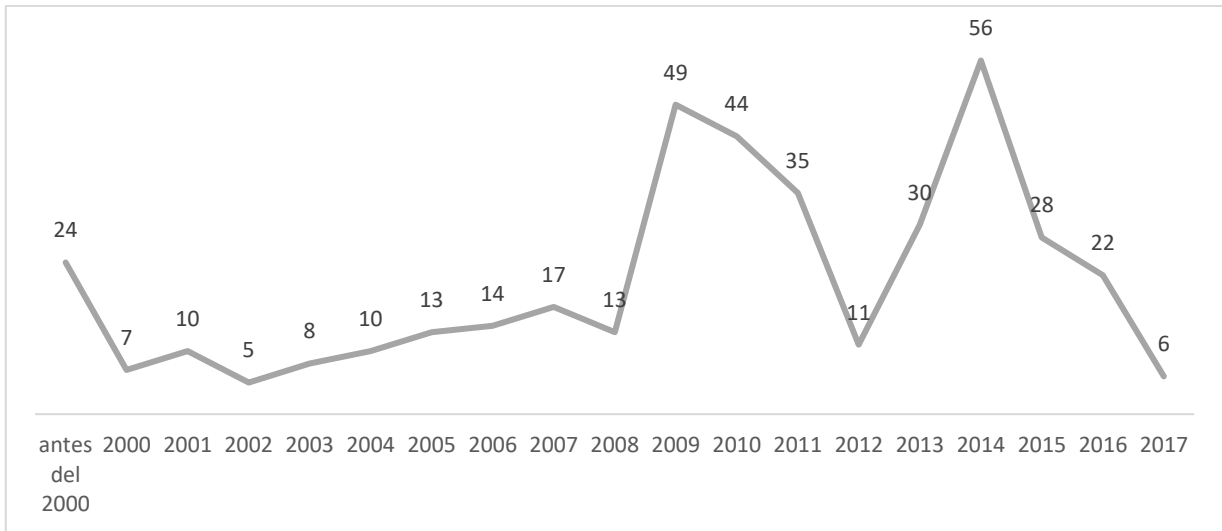


Figura 1.8. Cantidad de artículos por año.

De los 395 artículos analizados se extrajeron 1120 palabras clave las cuales se clasificaron y ordenaron obteniendo entre estas las de mayor frecuencia y que se muestran en la figura 1.9.

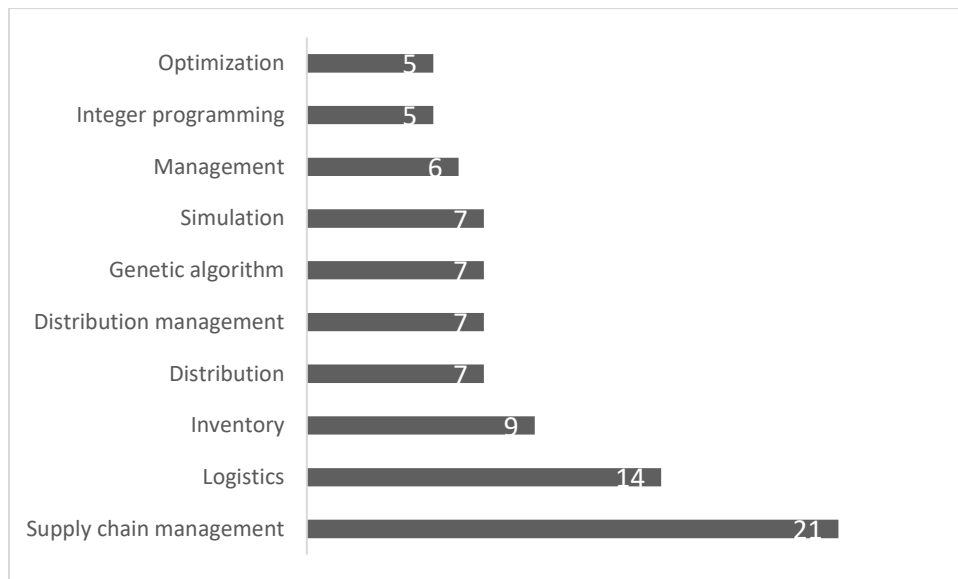


Figura 1.9. Palabras clave con mayor frecuencia de aparición.

Destacándose en primer lugar las palabras *supply chain management* con un total de 21 repeticiones, le sigue *logistics* con 14 repeticiones, *Inventory* con 9 repeticiones, *Distribution*, *Distribution management*, *Genetic algorithm* y *Simulation* con 7, *Management* con 6, *Integer programming* y *Optimization* con 5 repeticiones y otras 1035 palabras clave con una sola frecuencia.

1.5. Enfoques que contribuyen a la función de transporte dentro de la distribución física

Las empresas en la distribución se enfrentan al problema de diseño de sus rutas², por lo que necesitan de la aplicación de métodos para decidir cómo satisfacer demandas de clientes situados en determinadas posiciones, utilizando modos más racionales en su sistema de transporte. El diseño de rutas se considera como el camino seguido por la propiedad del producto en su movimiento desde el fabricante hasta el consumidor final. Es la vía por la que se llevan a cabo las ventas y se distribuyen los productos. Para la creación de estas se pueden tener en cuenta la variedad en el transporte (ferroviario, aéreo, marítimo, fluvial o por carretera) que existe. Para la transportación de mercancías según el medio a usar, se pueden realizar varias paradas en almacenes o nodos de cambio modal hasta llegar a su destino final.

Según Valdés (2008), la creación de rutas de distribución implica servir a todos los clientes de una empresa de manera óptima de acuerdo a un criterio preseleccionado (costo, tiempo, atención y servicio al cliente, entre otros) con los recursos limitados disponibles. Derivado de lo planteado diversos autores han desarrollado procedimientos que en su concepción permiten el diseño y evaluación de rutas de distribución, para aprovechar al máximo las capacidades de los medios de transporte y optimizar los recorridos. A partir de la búsqueda realizada se pudo comprobar la existencia de numerosos modelos y procedimientos para diseñar las rutas de distribución. Estos fueron comparados según se muestra en la tabla 1.6, en función de diversas características como: las fases que los componen (diagnóstico, diseño, implementación, control y mejora), la presencia de indicadores (de transporte o económicos) y el carácter de su aplicación (general o específica).

Tabla 1.6. Comparación de los procedimientos

² Artículo 231 del Decreto 281 del 2007 del Ministerio de Justicia.

Carácter de su aplicación	Indicadores	Fases			
		Diagnóstico	Diseño	Implementación	Control y mejora
General	Ninguno	Pérez Díaz (s.a.), Muro Cortes (2009)			Muro Cortes (2009)
	Económico	Parera Santana (2011), Martínez Cruz (2015)			
Específico	Ninguno	Labrada Rodríguez (2010), Álvarez Álvarez (2014)			
	Transporte	Riverón Piña (2007), Osorio Ocampo (2011), Consuegra Riverón (2011), Guirado García (2012), Brito Barbosa (2014), Hernández Maden (2014), Martínez Cruz (2015)			Riverón Piña (2007), Osorio Ocampo (2011), Consuegra Riverón (2011), Martínez Cruz (2015)

Autores como: Riverón Piña (2007), Osorio Ocampo (2011) y Consuegra Riverón (2011) trabajan todas las fases analizadas, no obstante solo tienen en cuenta los indicadores de transporte y su propuesta es específica, condición que también cumplen las propuestas de Guirado García (2012) y Brito Barbosa (2014) solo que en estas se contemplan las tres primeras fases solamente. Por otra parte Labrada Rodríguez (2010) y Álvarez Álvarez (2014) aunque tienen en cuenta las cuatro fases, no utilizan ningún indicador y su propuesta es específica, lo que dificulta su generalización.

En la comparación se destaca un grupo de autores por el carácter general de su propuesta, este es el caso de Muro Cortes (2009), quien trabaja las cuatro fases, aunque no cuenta con ningún indicador, situación muy similar presenta W. Pérez Díaz (s.a.), pero solo trabaja hasta la fase de implementación. En su propuesta Parera Santana (2011) llega hasta la fase de implementación, utilizando únicamente indicadores económicos. En la propuesta de Martínez Cruz (2015) desarrolla su procedimiento en todas las fases utilizando ambos indicadores.

Como conclusión del análisis realizado, en la investigación se considera acertado seleccionar la propuesta de Martínez Cruz (2015), para contextualizar un procedimiento que permita alcanzar el objetivo trazado. ya que el mismo abarca las fases de: diagnóstico, diseño, implementación, control y mejora; concibe la presencia de indicadores de transporte y económicos y su aplicación puede ser de carácter general o específica.

1.6. Situación actual del sistema logístico de la Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos de Holguín

La Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos perteneciente BIOCUBAFARMA, radica en Vía de acceso a la Loma del Frayle No. 8 y Carretera Central Holguín, se dedica al almacenamiento, distribución y comercialización mayorista de medicamentos de producción nacional e internacional a las entidades de salud, Fuerzas Armadas Revolucionarias (FAR), Ministerio del Interior (MININT) y otras empresas. Su principal prioridad consiste en abastecer de medicamentos todas las instituciones de salud pública de la provincia. El flujo del proceso abarca las actividades de recepción, almacenamiento, ventas, despacho, expedición, transportación, entregas. Entre los productos que comercializa se encuentran materias primas, reactivos químicos, medios de diagnóstico, artículos ópticos, dentales, productos químicos, material higiénico sanitario, suplementos nutricionales, narcóticos, alcohol de uso médico, material para banco de sangre, productos asépticos y utensilios médicos de uso domiciliario.

Para el abastecimiento de los medicamentos necesarios para la comercialización, la organización posee entre sus principales proveedores a MedSol, AICA y los laboratorios (Reinaldo Gutiérrez, Julio Trigo, Carlos J. Finlay, 8 de Marzo, Mario Muñoz, Oriente, UEBMMI, J.R. Franco, R. Escudero, Novatec, Liorat, Saúl Delgado, Cidem y Medilip). La entidad cuenta con dos almacenes: uno ubicado en Holguín, que tiene como clientes 15 hospitales, 37 policlínicos, 133 farmacias y 146 otras instituciones de salud; ubicados en los municipios de Calixto García, Cueto, Antilla, Rafael Freyre, Urbano Noris, Banes, Gibara, Báguanos, Cacocum y Holguín; y el almacén situado en Mayarí desde el cual se distribuye a 7 hospitales, 9 policlínicos, 49 farmacias, y 88 otras instituciones de salud; ubicados en los municipios de Frank País, Moa, Sagua y Mayarí.

Investigaciones realizadas en la entidad (Font Lara, 2015; González Ricardo, 2015), demuestran que la principal deficiencia que esta presenta es el déficit de recursos, lo que constituye una limitante para el cumplimiento de la demanda, ocasionando que en los últimos años se evidencie un descenso en los índices de

satisfacción de los clientes, respecto a la rapidez del servicio prestado por la entidad, los faltantes en la entrega y la calidad de los productos (Figura 1.10).

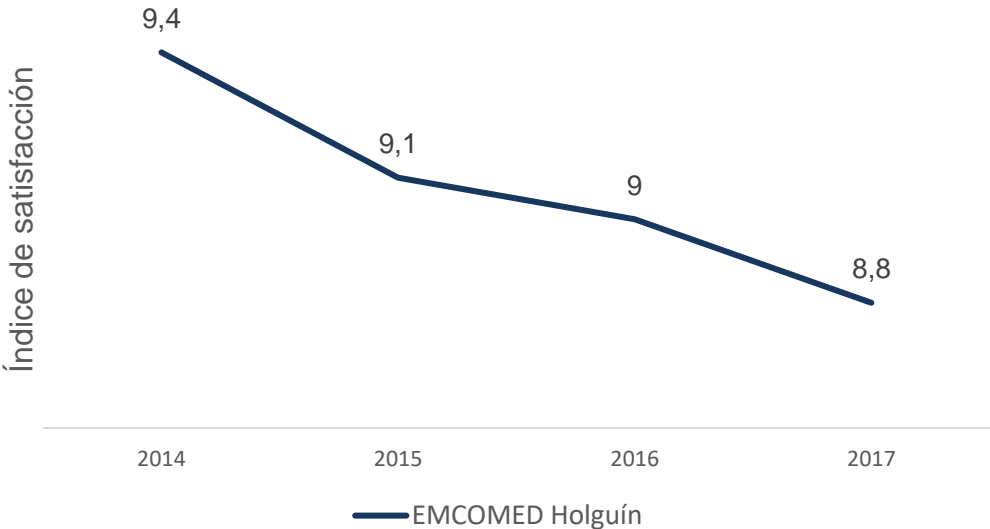


Figura 1.10. Índice de satisfacción respecto a la rapidez del servicio.

Mediante la revisión del informe del comportamiento de las reclamaciones en la Droguería Holguín en el año 2017 se pudo apreciar que la entidad presentó un total de 1533 reclamaciones a los proveedores, ocasionadas fundamentalmente por faltantes y la calidad de los productos (Figura 1.11)

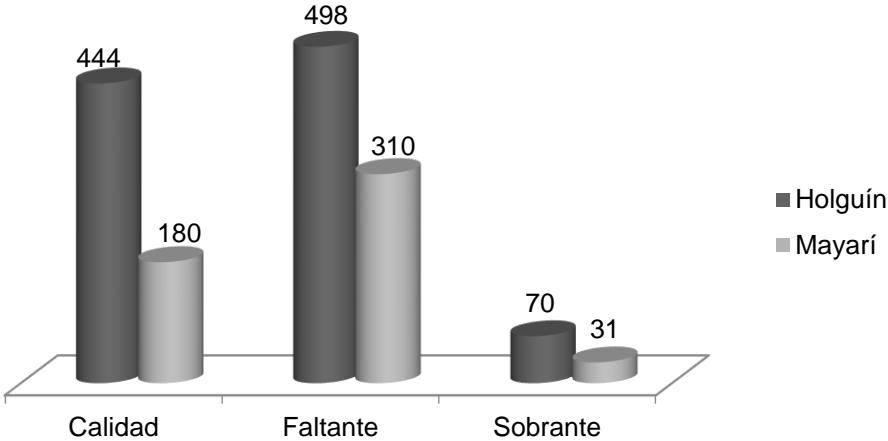


Figura 1.11. Reclamaciones a los proveedores.

Sin embargo, existe desconocimiento de los recursos que pueden representar una limitante o cuello de botella dentro del sistema logístico, por lo que no se le atribuye la importancia que requiere, por tanto no se aplica ningún método para su

identificación. El déficit de recursos se debe específicamente a que en la entidad existen dificultades con la disponibilidad técnica y déficit de los medios de izaje fundamentalmente de las paletas de intercambio, transpaletas y montacargas, donde de este último, de los tres existentes solo se encuentra uno operativo, causado fundamentalmente por no cumplir con los planes de mantenimiento establecidos y no contar con medios de repuesto necesarios. Además no se cuenta con la capacidad necesaria para almacenar los suministros.

En ocasiones, la disponibilidad de medicamentos en almacén es baja, lo que trae como consecuencia un comportamiento irregular en la demanda, dificultando la selección de los medios de transportación, el aprovechamiento máximo de sus capacidades y el proceso de distribución, ocasionando un incremento en los costos de transportación y el incumplimiento con los plazos de entrega establecidos por los clientes. Esta situación de la empresa demuestra la vigencia y pertinencia del problema profesional identificado en esta investigación.

Capítulo II. Mejora de la función de transporte dentro de la distribución física en empresas comercializadoras

Para dar solución al problema profesional planteado, sobre la base de lo tratado en el marco teórico-práctico referencial, se expone y aplica, en el presente capítulo, el procedimiento seleccionado de Martínez Cruz (2015) ya que el mismo abarca las fases de: diagnóstico, diseño, implementación, control y mejora; concibe la presencia de indicadores de transporte y económicos y su aplicación puede ser de carácter general o específica. El mismo está estructurado en cuatro fases y 15 pasos que permiten la mejora de la función de transporte dentro de la distribución física en empresas comercializadoras. Para esto se integran al mismo un conjunto de herramientas que garantizan el desarrollo efectivo de este procedimiento.

2.1. Procedimiento para la mejora de la función de transporte dentro de la distribución física en empresas comercializadoras

Como resultado de los análisis conceptuales realizados con relación a los elementos que perfeccionan el transporte dentro de la distribución física, los diferentes métodos existentes y las carencias detectadas en la construcción del marco teórico práctico-referencial. Se seleccionó el procedimiento de Martínez Cruz (2015), el que persigue perfeccionar la función del transporte dentro de la distribución física en empresas comercializadoras; lo que permitirá a la entidad objeto de estudio satisfacer las necesidades de los clientes y los requerimientos de la demanda de manera eficaz. El procedimiento como se mencionó anteriormente consta de cuatro fases, en cada una de ellas se declaran pasos, objetivos, contenidos y posibles técnicas a utilizar. En la figura 2.1 se muestra el algoritmo en que el mismo se estructura.

Fase I. Diagnóstico

Objetivo: conocer las características del sistema de transportación objeto de estudio como base para el diseño de las rutas de distribución.

Paso 1. Inventario de los vehículos actuales

Contenido: como punto de partida se realizará un levantamiento de los vehículos con que cuenta la organización objeto de estudio, se debe conocer la cantidad de

vehículos, la descripción, marca, chapa, su capacidad dinámica, el año de fabricación, el índice de consumo de combustible por kilómetro recorrido y el estado técnico de estos, con el objetivo de contar con la mayor cantidad de información posible para diseñar las rutas de distribución.

Técnicas: revisión documental.

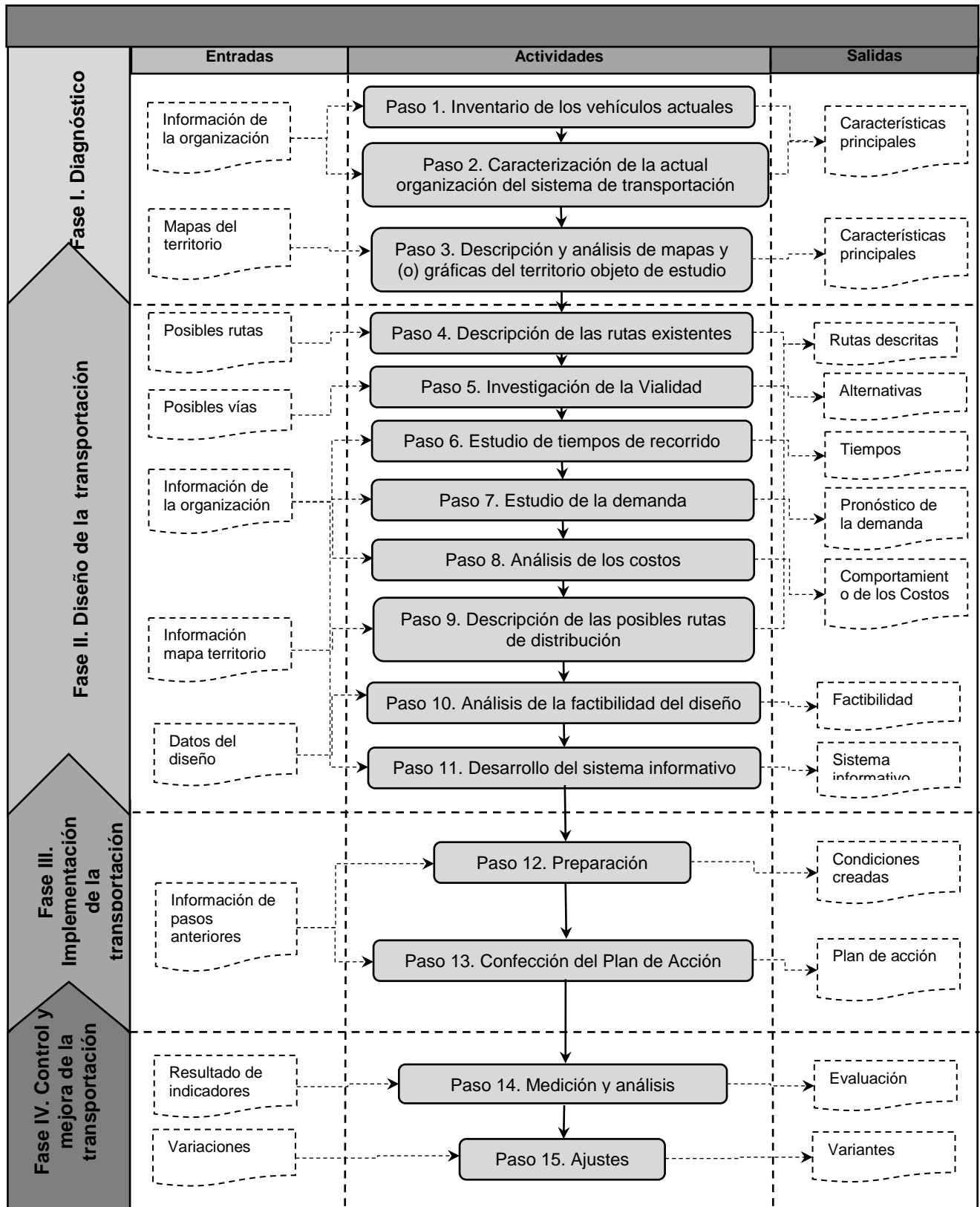


Figura 2.1. Procedimiento para la mejora de la función de transporte dentro de la distribución física en empresas comercializadoras.

Paso 2. Caracterización de la actual organización del sistema de distribución física

Contenido: una vez que se logra inventariar los vehículos se procederá a obtener información del estado actual del sistema de distribución de forma cualitativa y cuantitativa. Se recomienda consultar a chóferes, trabajadores que controlan la actividad de mantenimiento y transporte para conocer su opinión del desempeño del sistema de distribución. De igual forma se recomienda la determinación de los indicadores siguientes:

1- Coeficiente de disponibilidad técnica

$$\alpha_t = \frac{Et + Ei}{Ee} = \frac{Edt + Edi}{Ede}$$

Donde: Et: equipos trabajando Ee: equipos existentes y Ei: equipos inactivos

Nivel de referencia: : $\geq 70\%$

Objetivo: medir la disponibilidad de los equipos para la transportación.

2- Coeficiente de aprovechamiento de los recorridos

$$\beta = \frac{Lc}{Lt}$$

Donde: Lc: distancia recorrida con carga y Lt: distancia total

Nivel de referencia: $\geq 75\%$

Objetivo: medir la eficiencia en la transportación de productos a través de la relación entre la distancia recorrida con carga y la distancia recorrida sin ella.

3- Coeficiente de aprovechamiento de la capacidad dinámica

$$\gamma_{din} = \frac{P_{real}}{P_{pos}} = \frac{\sum_{ij} l_{ij} \cdot Q_{ij}}{\sum_{ij} l_{ij} \cdot qp}$$

Donde: P_{real}: tráfico real y P_{posible}: tráfico posible

Nivel de referencia: $\geq 90\%$

Objetivo: medir el grado de eficiencia con el cual se aprovecha la dinámica de carga de un vehículo.

4- Índice de demanda insatisfecha

$$ldi = \frac{\text{Solicitudes insatisfechas}}{\text{Total de solicitudes}}$$

Nivel de referencia: $\leq 10\%$

Objetivo: medir la cantidad de veces que se solicitan productos y no se encuentran disponibles.

5- Dinámica de rendimiento de los costos en fletes

$$DR_{cf} = \frac{\text{Costos en flete}_{real}}{\text{Costos en flete}_{plan}}$$

Nivel de referencia: < 1

Objetivo: identificar el comportamiento de los costos por flete en el sistema de transportación.

6- Cumplimiento del plan de ingresos por transportación

$$\%C_{pi} = \frac{\text{Ingresos por transportación}_{real}}{\text{Ingresos por transportación}_{plan}} \cdot 100$$



Nivel de referencia: $\geq 100\%$

Objetivo: medir el grado de cumplimiento del plan de ingresos por transportación de la entidad.

Técnicas: revisión documental, entrevista.

Paso 3. Descripción y análisis de mapas y (o) gráficas del territorio objeto de estudio

Contenido: para el diseño de sistemas de distribución, se hace necesario contar con el empleo de mapas y (o) gráficas, para la representación del (los) origen (es) y el (los) destino (s), con el objetivo de facilitar la visualización de las rutas utilizadas.

Técnicas: revisión documental.

Fase II. Diseño de la transportación

Objetivo: plantear las mejoras al sistema de transporte sobre la base del diagnóstico realizado.

Paso 4. Descripción de la ruta existente

Contenido: una vez que se tienen ubicados en el mapa el (los) origen (es) y el (los) destino (s), se describe la (s) ruta (s) existente (s). Se especifican las distancias entre cada uno de los puntos, para lo cual se elabora una matriz de distancias, así como describir los puntos y la secuencia del recorrido a través de la construcción de las rutas de distribución.

Técnicas: revisión documental, Maps.me

Paso 5. Investigación de la vialidad

Contenido: para valorar alternativas se hace necesario efectuar un análisis de la vialidad, con el objetivo de conocer si la ruta que se sigue actualmente es la única posibilidad o si existen otras variantes de acceso para realizar un nuevo diseño de la red de distribución. La vialidad puede ofrecer información para apoyar la toma de decisiones sobre la base de diversos elementos como: los sentidos de las calles, la capacidad permisible de tonelaje transitable y otros que sirvan de fuente de información fiable.

Técnicas: revisión documental (análisis de mapas).

Paso 6. Estudio de tiempos de recorrido

Contenido: en este paso se recopila información, a partir de análisis de períodos anteriores, sobre los tiempos que se emplean durante el proceso de distribución. En aquellas entidades que cuenten con sistema de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés) se facilita la obtención de datos para efectuar este tipo de estudio, en aquellas que no cuenten con esta tecnología se deberá realizar mediante el análisis de las hojas de ruta de los choferes. Se recomienda elaborar una base de datos para procesar esta información, y aplicar herramientas estadísticas para obtener la descripción de los datos con medidas de tendencia central para el estudio de los tiempos de recorrido.

Técnicas: revisión documental.

Paso 7. Estudio de la demanda

Contenido: se debe efectuar un estudio de las necesidades de los clientes, cuantificando su demanda y desglosarla por tipos de productos y (o) servicios. Para ello se debe clasificar si la demanda es regular, o sea, con patrones cuantitativos y cualitativos estables y homogéneos; o si es una demanda irregular donde esos patrones son inestables o heterogéneos. Para estos últimos se considera factible aplicar análisis prospectivos sobre la base de datos por series temporales, para llegar a la proyección de la demanda con márgenes confiables. El objetivo fundamental de este paso es asignar valores fiables de demanda a los clientes, para conocer las necesidades reales de distribución.

Técnicas: revisión documental.

Paso 8. Análisis de los costos

Contenido: se realiza el estudio de costos asociados al sistema de distribución actual. Se cuantifican los gastos asociados a la fuerza de trabajo por concepto de salario, a los medios de trabajo, a través de diversos indicadores económicos como pueden ser gasto de combustible, depreciación, entre otros.

Técnicas: revisión documental.

Paso 9. Descripción de las posibles rutas de distribución

Contenido: con toda la información analizada se procede a diseñar la ruta que será propuesta. Los métodos para realizarla pueden ser diversos, estos se



clasifican en diferentes grupos: exactos, aproximados; heurísticos y metaheurísticos. Dentro de este último se destacan: algoritmo de colonia de hormigas; recocido simulado; algoritmos genéticos; búsqueda tabú y redes neuronales artificiales. El empleo de programas computacionales ha demostrado ser muy factible para la solución de problemas de esta índole, por lo que se recomienda su uso en aras de simplificar tiempo y minimizar posibles errores. Cabe destacar que la selección del método a aplicar deberá estar en función del grado de complejidad del problema a resolver, por lo que no es recomendable el uso de técnicas muy sofisticadas para problemas que no lo requieran.

Técnicas: algoritmo de colonia de hormigas; recocido simulado; algoritmos genéticos; búsqueda tabú, redes neuronales artificiales, método de transporte, método del viajero, método de los ahorros, camino mínimo, árbol de expansión mínima, entre otros.

Paso 10. Análisis de la factibilidad del diseño

Contenido: luego de ser diseñada la ruta por el método seleccionado, se procede a efectuar un análisis de la factibilidad de este, donde se deben destacar los elementos de la nueva ruta que demuestran una mejora con respecto al diseño anterior, destacando la distancia y el tiempo de recorrido como variables básicas a analizar, aunque pueden incluirse otros elementos específicos de la organización. Estos análisis en la medida de lo posible deben contener un estudio económico que avale su condición para el diseño e implementación.

Técnicas: análisis costo-beneficio, análisis campo-fuerza, análisis del punto de equilibrio.

Paso 11. Desarrollo del sistema informativo

Contenido: como último paso de la fase se recomienda el desarrollo de un sistema informativo que contribuya a facilitar los procesos de captura de datos, procesamiento, análisis, presentación y conservación de la información, como elementos adecuados para el soporte a la toma de decisiones en torno al sistema de distribución.

Para el desarrollo de este se deben identificar los sujetos, objetos y medios del sistema informativo. Se pueden emplear las herramientas informáticas más

favorables de acuerdo a las características de la empresa y (o) la tecnología implementada. **Técnicas:** revisión documental, software profesional.

Fase III. Implementación de la transportación

Objetivo: garantizar la implementación de la propuesta y su sostenibilidad en el tiempo.

Paso 12. Preparación

Contenido: para la implementación de la nueva ruta de distribución se propone realizar sesiones donde intervengan todos los implicados en el proceso de distribución, desde la alta dirección hasta los choferes, comunicándoles la factibilidad del nuevo diseño, en aras de darle un tratamiento al cambio y minimizar los efectos resistentes.

Técnicas: trabajo en grupo, técnicas de consenso.

Paso 13. Confección del plan de acción

Contenido: se confeccionará un plan de acción que tenga en cuenta los elementos organizativos para implementar el nuevo diseño, responsables del control de su implementación, ejecutores, los recursos necesarios y la fecha de cumplimiento³. En el progreso de este paso es fundamental que la dirección garantice las condiciones favorables para la aplicación oportuna, facilite los medios técnicos y organizativos necesarios para el desarrollo de estas.

Fase IV. Control y mejora de la transportación

Objetivo: contribuir a la mejora continua del proceso de distribución física.

Paso 14. Medición y análisis

Contenido: se propone el monitoreo y análisis del nuevo sistema de transportación para evaluar los resultados de las rutas implementadas a partir de la medición y análisis de los indicadores propuestos en el paso 2.

Paso 15. Ajustes

Contenido: se realizarán en caso de surgir variaciones en las condiciones iniciales del estudio en la organización o en el entorno en que se desenvuelve esta, en ambos casos se deberá retornar a los pasos 1 o 3 y (o) 7.

³ Se recomienda ser lo más preciso posible, para facilitar la realización de las etapas siguientes.

2.2. Aplicación del procedimiento en EMCOMED

Fase I. Diagnóstico

Se diagnosticó del sistema de distribución, con el objetivo de conocer el estado actual en que se encuentra este y específicamente la transportación, para establecer las bases de la investigación.

Paso 1. Inventario de los vehículos actuales

La empresa cuenta al cierre del mes de abril del 2018 con un parque de 17 vehículos propios destinados a la transportación de los productos, en función de la demanda en los diferentes municipios de la provincia. Las principales características de los vehículos se encuentran inventariadas como se muestra en el anexo 3.

Paso 2. Caracterización de la actual organización del sistema de distribución física

A partir de la observación directa y la consulta de documentos, se comprobó que EMCOMED realiza de lunes a viernes la distribución de los medicamentos por los municipios de la provincia con un parque de equipos propio, presentan diferentes rutas ya que varían en dependencia de la ubicación de los destinos (clientes) agrupándolos por zonas.

Para la realización de la distribución, se encuentran establecidas las rutas de acuerdo a la necesidad que presenta la empresa. Estas rutas actuales no están diseñadas óptimamente por técnicas de enrutamiento de vehículos. Se trata de proponer una estrategia de transportación actualizando y mejorando las actuales rutas en el municipio de Holguín, que permita una distribución más racional y se alcance una eficiencia energética positiva.

A través del análisis de las hojas de ruta y los archivos del GPS a final de mes, se obtiene un resumen donde se evidencia de qué forma se aprovecha el transporte y el consumo de combustible. De los 17 vehículos con los que cuenta la empresa solo 11 son para la transportación de carga y los otros 6 son para actividades de servicio y administrativas. Un análisis de los indicadores planteados en el procedimiento permitió conocer cuantitativamente su comportamiento. El bajo coeficiente de disponibilidad técnica (63,6%) al cierre del mes de abril del 2018

obedece a un deterioro sistemático de los vehículos que se utilizan para la distribución, producto a su mal estado técnico. Solo se aprovecharon el 60 % de los recorridos, indicador que está por debajo del nivel de referencia establecido (75%),

Paso 3. Descripción y análisis de mapas y (o) gráficas del territorio objeto de estudio

Con el objetivo de facilitar la visualización de la ubicación de la empresa y los clientes de la entidad se utilizó el mapa del municipio de Holguín señalando con marcadores rojos los clientes y la ubicación de la EMCOMED con un rectángulo azul que se muestra en la figura 2.2.

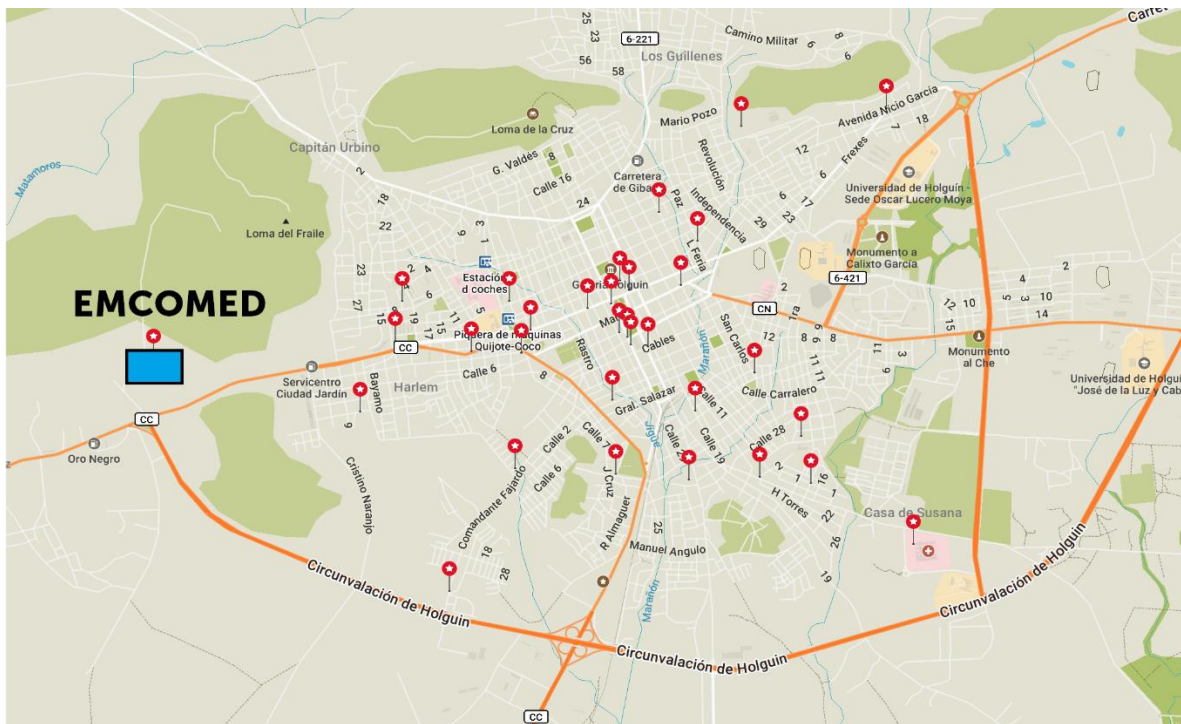


Figura 2.2. Mapa del Municipio Holguín. Fuente: Maps.me.ipa

Fase II. Diseño de la transportación

Paso 4. Descripción de las rutas existentes

La entidad tiene planificadas todas las rutas específicas de transportación para el municipio Holguín (ver anexo 4), el itinerario está predefinido, para cada zona le corresponde un día de la semana sin variar el orden de entrega a los clientes en cada ruta, por lo que realizan la distribución siempre con los mismos clientes sin

variar nunca la ruta de distribución. Según opinión de los choferes entrevistados para llegar a estos destinos existe más de una ruta posibilitando la modificación y optimización de las rutas actuales de distribución.

Paso 5. Investigación de la vialidad

Para el análisis de la vialidad, se consultaron los mapas del territorio lo que proporcionó que existen alternativas de utilizar otras carreteras que posibilitarían acortar las distancias entre los destinos, siempre y cuando la distribución planificada y las condiciones físicas de la vía lo permitan. Se tienen en cuenta además el uso de calles/carreteras de rápida circulación con el fin de agilizar la distribución y ahorrar combustible pues el uso reiterado de paradas aumenta el consumo este.

Paso 6. Estudio de tiempos de recorrido

Se comprobó que la entidad cuenta con Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), lo cual fue un avance para la obtención de los tiempos de recorrido en todas las rutas. De forma general se desprecian las interrupciones por no ser representativas en el tiempo de recorrido. En la tabla 2.1 se muestran los datos obtenidos de la primera ruta del lunes Centro de Ciudad y las cinco restantes rutas del municipio Holguín en el anexo 5.

Tabla 2.1. Distancias y tiempos de la ruta Centro de Ciudad

Origen	Destino	Distancia (Km)	Tiempo (hrs)
EMCOMED	Farmacia Frexes y Pepe Torres	4,30	0:07:46
Farmacia Frexes y Pepe Torres	Farmacia Principal (FMP#1)	0,45	0:10:49
Farmacia Principal (FMP#1)	Farmacia Medicina Verde	0,12	0:09:23
Farmacia Medicina Verde	Farmacia Carril (FMP#2)	0,22	0:15:54
Farmacia Carril (FMP#2)	LABIOFAM	0,28	0:07:48
LABIOFAM	Farmacia Aricochea y Maceo	0,39	0:18:31
Farmacia Aricochea y Maceo	Policlínico Julio Grave de Peralta	0,06	0:08:54
Policlínico Julio Grave de P.	Farmacia Libertad y Cables	0,17	0:08:39
Farmacia Libertad y Cables	Farmacia Martí y Fomento	0,80	0:13:24
Farmacia Martí y Fomento	Farmacia Vista Alegre	0,90	0:10:57
Farmacia Vista Alegre	Policlínico René Ávila	0,50	0:12:20
Policlínico René Ávila	Hogar Impedido Físico	1,37	0:06:31
Hogar Impedido físico	Farmacia Piedra Blanca	0,86	0:06:26
Farmacia Piedra Blanca	EMCOMED	9,00	0:11:46
Total: 19,42 Km			



Paso 7. Estudio de la demanda

El objetivo de este paso consiste en determinar la demanda de productos médicos y medicamentos para transportar. Como la demanda es regular la empresa lleva un control de las demandas de sus clientes todas las semanas para cada zona permitiendo conocer el comportamiento de la demanda obteniendo una demanda promedio para todos los clientes que componen la ruta de distribución. Asumiendo esta demanda promedio calculada por la entidad, se decidió mejorar el enrutamiento de las zonas de distribución actuales sin modificar los clientes ya que con las demandas actuales se está aprovechando óptimamente la capacidad de los vehículos predefinidos para cada zona. En el anexo 6 se muestra las demandas en toneladas para cada zona de distribución.

Paso 8. Análisis de los costos

Para el análisis de los costos, se prestó una especial atención a los costos variables, pues son los que están en función de las distancias recorridas. Se analizó la ficha técnica de los vehículos empleados para realizar la distribución en cada zona. No se contó con la información referida a los costos de mantenimiento, lubricantes, filtros y neumáticos por lo que sólo se contempló el consumo de combustible.

El precio de la gasolina se determinó según el precio sugerido por litro por el Ministerio de Finanzas y Precios. El precio por litro de diésel es de 0.80 CUC y sobre este precio se costeó el consumo total, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{costo combustible} = \text{consumo} \left(\frac{L}{Km} \right) * \text{precio diesel} \left(\frac{CUC}{L} \right) * \text{distancia}(Km)$$

En la tabla 2.2 se muestran los costos por cada vehículo que se utiliza para la transportación de los medicamentos.

Tabla 2.2. Costo de combustible actual por semana

Tipo de camión	Consumo (L/km)	Ruta	Distancia (Km)	Costo combustible (\$)
Furgón	0,22	Centro de Ciudad	19,42	3,42
		Pedro Díaz Coello	25,01	4,42
Panel	0,12	Máximo Gómez	17,32	1,70
		Mario Gutiérrez	13,12	1,30
Panel	0,13	Pedro del Toro	32,61	3,45
Plataforma	0,09	San Andrés	68,42	4,95
			Total	19,25

Paso 9. Descripción de las posibles rutas de distribución

En el capítulo 1 se destacan los métodos metaheurísticos como uno de los más aplicados por los autores analizados. No obstante, en esta investigación, dado que el grado de complejidad del problema a resolver es bajo, se decidió aplicar el Método de los Ahorros (Clarke *et al.*, 1964) para conocer la ruta a seguir en la distribución, aprovechando la capacidad del vehículo y llegando a todos los posibles destinos que facilite el recorrido.

Las rutas de distribución fueron diseñadas con el empleo del software VRP Solver v.1.3 y representadas gráficamente para un mejor entendimiento de la ruta mejorada con la página web <http://www.routexl.com>. Los datos necesarios para introducir en el VRP Solver v.1.3 son las demandas de los destinos, capacidad del vehículo, las coordenadas del origen y los destinos, la matriz de distancia entre origen-destinos y destinos-destinos. Estos datos se obtuvieron por información obtenida de la empresa, así como las demandas de cada cliente y la capacidad de todo su parque de vehículos. Las coordenadas y las distancias entre clientes para la confección de la matriz de distancia se obtuvieron con la aplicación para dispositivos móviles Maps.me.

La primera ruta mejorada fue Centro Ciudad en función de los datos introducidos, coordenadas geográficas (tabla 2.3) y matriz de distancia (ver anexo 7), se obtuvo la ruta que se muestra en las figuras 2.3 y 2.4. En la tabla 2.4 se muestra el orden de la ruta mejorada con la distancia entre cada destino.

Todos los datos necesarios para el procesamiento para la obtención de las rutas restantes se muestran en anexo 8 mostrando todas las coordenadas geográficas, anexo 9 las matrices de distancias y anexo 10 salidas del VRP Solver 1.3 y RouteXL.

Tabla 2.3. Coordenadas de la ruta Centro de Ciudad

	Destinos	Latitud	Longitud
1	EMCOMED (origen)	20,883208	-76,292705
2	F. Medicina Verde	20,887927	-76,258597
3	F. Carril (FMP#2)	20,886943	-76,259863
4	F. Martí y Fomento	20,888221	-76,254856
5	LABIOFAM	20,884994	-76,259322
6	F. Principal (FMP#1)	20,888536	-76,259244
7	F. Frexes y Pepe Torres	20,886644	-76,261588
8	F. Aricochea y Maceo	20,884672	-76,258715
9	F. Libertad y Cable	20,884002	-76,257244
10	P. Julio Grave	20,884151	-76,25845
11	F. Vista Alegre	20,89122	-76,253675
12	P. Rene Ávila	20,893026	-76,256419
13	Hogar Impedido Físico	20,899051	-76,250548
14	F. Piedra Blanca	20,900296	-76,240087

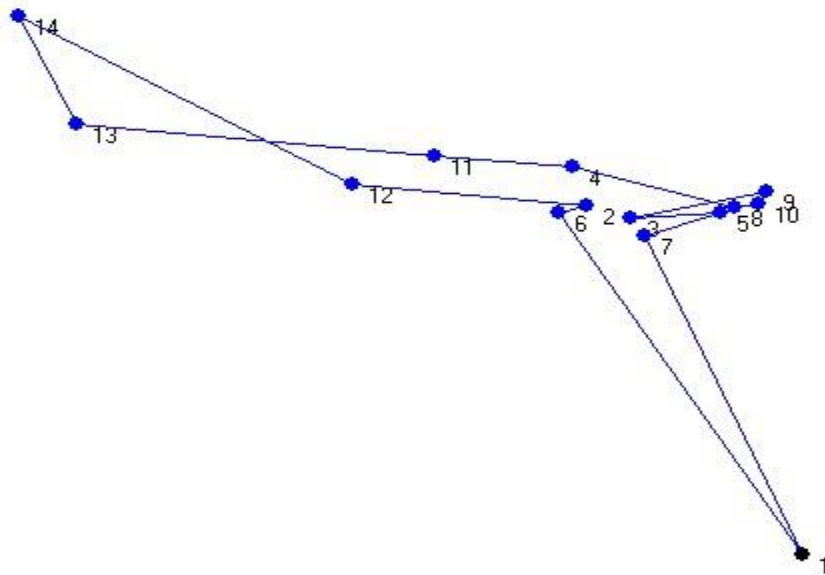


Figura 2.3. Ruta de distribución mejorada de la zona Centro de Ciudad.



Figura 2.4. Vista gráfica de la ruta de distribución mejorada de la zona Centro de Ciudad

Tabla 2.4. Distancias de la ruta mejorada de la zona Centro de Ciudad

Destinos	Demanda (ton)	Distancia (Km)	Distancia Acumulada (Km)
F. Principal (FMP#1)	0,60	4,40	4,40
F. Medicina Verde	0,04	0,12	4,52
P. Rene Ávila	0,06	1,20	5,72
F. Piedra Blanca	0,34	2,00	7,72
Hogar Impedido Físico	0,02	1,20	8,92
F. Vista Alegre	0,57	1,30	10,22
F. Martí y Fomento	0,44	0,57	10,79
F. Aricochea y Maceo	0,09	0,71	11,50
P. Julio Grave	0,08	0,06	11,56
F. Libertad y Cable	0,23	0,17	11,73
F. Carril (FMP#2)	0,52	0,86	12,59
LABIOFAM	0,4	0,28	12,87
F. Frexes y Pepe Torres	0,22	0,42	13,29
EMCOMED		4,10	17,39

En las tablas 2.5, 2.6, 2.7, 2.8 y 2.9 se muestran el resumen de las mejoras en las rutas de distribución para cada zona del municipio Holguín.

Tabla 2.5. Distancias de la ruta mejorada de la zona Pedro del Toro

Destinos	Demanda (ton)	Distancia (Km)	Distancia Acumulada (Km)
F. Alex Urquiola	0,35	5,20	5,20
Clínica. Est. Manuel Angulo	0,07	0,92	6,12
F. Pueblo Nuevo (correo)	0,54	0,65	6,77
F. La Cuaba	0,06	7,50	14,27
F. carretera Mayabe	0,10	3,40	17,67
F. Hosp. Clínico	0,50	4,30	21,97
F. Villa Nueva	0,20	1,30	23,27
P. Pedro del Toro	0,14	0,53	23,80
F. San Field	0,34	0,77	24,57
F. Pueblo Nuevo (calle Real)	0,46	0,61	25,18
Centro Com. Salud Mental 2	0,01	0,87	26,05
EMCOMED		4,40	30,45

Tabla 2.6. Distancias de la ruta mejorada de la zona Mario Gutiérrez

Destinos	Demanda (ton)	Distancia (Km)	Distancia Acumulada (Km)
F. Ciudad Jardín	0,17	2,60	2,60
Policlínico Mario Gutiérrez	0,17	0,82	3,42
F. Reparto Lenin	0,41	0,42	3,84
F. La Plana	0,46	0,85	4,69
Policlínico Alex Urquiola	0,06	0,48	5,17
Clin. Est. Artemio Mastrapa	0,03	0,51	5,68
F. 12 Plantas	0,45	0,36	6,04
F. Ramón Quintana	0,15	1,80	7,84
F. Turno Normal	0,19	1,20	9,04
EMCOMED		3,60	12,64

Tabla 2.7. Distancias de la ruta mejorada de la zona San Andrés

Destinos	Demanda (ton)	Distancia (Km)	Distancia Acumulada (Km)
F. Viradero S. Andrés	0,14	5,1	5,10
F. Las Cruces de Purnio	0,05	9,8	14,90
F. San Andrés	0,51	11,1	26,00
P. San Andrés	0,10	0,22	26,22
F. Yuraguana	0,16	5,4	31,62
F. La Breñosa	0,02	13	44,62
F. Sabanilla de Purnio	0,07	6	50,62
EMCOMED		17	67,62

Tabla 2.8. Distancias de la ruta mejorada de la zona Pedro Díaz Coello

Destinos	Demanda (ton)	Distancia (Km)	Distancia Acumulada (Km)
EMCOMED			
Hogar Anciano Pedro V		5,20	5,20
F. Reparto Peralta	0,53	0,27	5,47
F.18 Plantas	0,10	1,20	6,67
F. La Aduana	0,49	1,40	8,07
SIUM	0,04	1,30	9,37
P. Pedro Díaz Coello	0,12	0,99	10,36
Hospital Militar	1,35	1,70	12,06
Hogar materno 8 de marzo	0,05	1,80	13,86
F. Pedro Díaz Coello	0,29	1,50	15,36
F. El Bosque	0,28	1,50	16,86
F. c/g Pedriático	0,42	2,20	19,06
P. Díaz Legrá	0,10	0,54	19,60
EMCOMED		5,30	24,90

Tabla 2.9. Distancias de la ruta mejorada de la zona Máximo Gómez

Destinos	Demanda (ton)	Distancia (Km)	Distancia Acumulada (Km)
EMCOMED			
F. Nuevo Llano	0,20	4,10	4,10
F. salida San Andrés	0,37	0,67	4,77
F. Reparto Zayas	0,12	0,92	5,69
Centro Higiene Provincial	0,05	0,15	5,84
F. Reparto Luz	0,50	1,10	6,94
F. El Yarey	0,19	0,99	7,93
F. Alcides Pino	0,50	0,67	8,60
P. Alcides Pino	0,20	0,93	9,53
P. Máximo Gómez	0,14	1,80	11,33
F. Maceo y Arias	0,52	0,32	11,65
EMCOMED		4,40	16,05

Paso 10. Análisis de la factibilidad del diseño

Con el rediseño de las rutas actuales de distribución en la unidad, se destacan las posibles mejoras vías para llegar a todos los clientes del municipio Holguín.

Al comparar las nuevas rutas calculadas con las actuales se disminuye la distancia recorrida en 7 kilómetros. Al aplicarse esta propuesta de rediseño en las rutas, traería aparejada eficiencia energética, disminución en los tiempos de entregas a los clientes y del control en la distribución. Por consiguiente, si se aplica esta propuesta se puede obtener un ahorro de 0,9 cuc a la semana y 47,00 cuc al año y posibilita un reordenamiento en los recorridos y un mayor control del consumo real del vehículo.

Paso 11. Desarrollo del sistema informativo

La entidad no cuenta con un sistema informativo adecuado y presenta un déficit de equipos informáticos, por lo que se propone implementar el modelo T-23: Origen y destino de las transportaciones, que se muestra en la tabla 2.10. Los datos se habilitarán en una hoja de Microsoft Excel para facilitar el procesamiento de la información lo que permitirá la toma de decisiones en torno al sistema de transporte.

Tabla 2.10. Origen y destino de las transportaciones

Origen y destino de las transportaciones									Mes: Año:			
Viajes	No Hoja Ruta	Ton.	Producto	Origen	Destino	Tipo Equipo	Capac.	Ind. Cons.	Km. Total	Km. C/Carga	TRAFICO En MTKms.	Diésel

Fase III. Implementación de la transportación

Paso 12. Preparación

El Consejo de Dirección se reunió con todos los implicados que intervienen en el proceso de distribución, desde la alta dirección hasta los choferes, comunicándoles la factibilidad del nuevo diseño, en aras de darle un tratamiento al cambio y minimizar los efectos de la resistencia al cambio.

Paso 13. Confección del plan de acción

A raíz de las deficiencias detectadas en la unidad con la implementación del procedimiento y la propuesta de distribución, se propone el plan de acción siguiente:

Tabla 2.8. Plan de acción

No	Acciones	Recursos necesarios	Ejecuta	Fecha de control	Responsable	Fecha de cumplimiento
1	Verificar a la salida de cada recorrido el aprovechamiento de la capacidad del vehículo	Tiempo	Especialista en transporte	No procede	Jefe de transporte	Diario
2	Orientar a los choferes que de regreso deben de pasar por las bases de transporte a recoger cargas.	Información y tiempo	Especialista en transporte	No procede	Jefe de transporte	Diario
3	Establecer un cronograma de distribución de los medicamentos que no permita los dobles recorridos de cargas similares	Materiales, información y tiempo	Especialista en transporte	junio/2018	Jefe de transporte	julio/2018
4	Exigir a los distribuidores el cuidado en la planificación para evitar la contaminación de recursos con otros.	Información y tiempo	Especialista en transporte	No procede	Jefe de transporte	Diario
5	Realizar un balance carga-capacidad	Materiales, información	Especialista en	junio/2018	Jefe de transporte	julio/2018

		y tiempo	transporte			
6	Asignar el tipo de transporte a utilizar en correspondencia con las características de las cargas al realizar el balance.	Información y tiempo	Especialista en transporte	junio/2018	Jefe de transporte	julio/2018

Conclusiones

1. La distribución física como subsistema de la logística, juega un papel fundamental en el funcionamiento de las organizaciones, al instituirse como el enlace entre la entidad y sus clientes.
2. La consulta de la literatura especializada en la función del transporte dentro de la distribución física permitió identificar la diversidad de conceptos existentes al respecto, así como las diferentes posiciones adoptadas por los autores consultados.
3. El diseño de rutas de distribución constituye una necesidad de los sistemas logísticos, máxime en empresa comercializadoras donde el valor agregado a la mercancía es mínimo, ya que la mayoría de los procesos encarecen el valor del producto.
4. El diseño de las rutas de distribución propuesto permitirá un mejor ordenamiento en los recorridos y un mayor control del consumo real de los vehículos, dando paso a elevar la oportunidad en las entregas y por ende contribuir a la disminución de los costos.

Recomendaciones

1. Culminar la última fase del procedimiento para la obtención de mejores resultados en las rutas diseñadas.
2. Aplicar el procedimiento en todos los municipios de Holguín ante la aparición de nuevos destinos.
3. Presentar los resultados obtenidos en fórum y eventos, así como publicarlos en revistas científicas.

Referencias bibliográficas

- Acevedo Suárez, José A. y Gómez Acosta, Marta I. (2007). *La logística moderna en la empresa* (Vol. 1). La Habana, Cuba: LOGICUBA.
- Acevedo Suárez, José A., Gómez Acosta, Martha I. , Urquiaga Rodríguez, Ana J. y Hernández Torres, M. (1996). *Gestión de las capacidades en los sistemas logísticos*. (Ediciones ISPJAE),
- Álvarez Álvarez, Néstor (2014). *Procedimiento para el diagnóstico y mejoramiento de la logística de distribución de combustibles en los servicentros en la provincia de Camagüey*. Camagüey, Cuba. Tutor:
- Ballaud, Ronald H. (1991). *Logística empresarial. Control y planificación*. España: Díaz de Santos, S.A.
- Ballou, Ronald H. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministros* (Quinta ed.). México: Pearson Educación, ISBN: 970-26-0540-7.
- Balloud, Ronald H. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministros*. México: Prentice Hall.
- Brito Barbosa, José E. (2014). *Diseño de los procedimientos del servicio de transportación de cargas multimodal que brinda Almacenes Universales S.A a partir de las cargas que arriban al Mariel*. (Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Industrial), Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", La Habana, Cuba. Tutor:
- Campbell, A. y Savelsberg, M. (2003). *Efficient insertion heuristics for vehicle routing and scheduling problems*. *Transportation science* (Vol. 38).
- Carballo Barallobre, Y. (2011). *Planeación Estratégica de la Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos UEB Holguín para el período 2011–2015*. (Trabajo de diploma), Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya". Tutor:
- Cespón Castro, R. y Amador Arellana, M. A. (2003). *Administración de la cadena de suministro* (Honduras, Editado en la Universidad Tecnológica Centroamericana de Ed.). San Pedro Sula, Honduras.
- Clarke, G y Wright, J. W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points *Operations Research* (pp. 568-581).
- Consuegra Riverón, Annalie. (2011). *Procedimiento para la distribución de combustibles claros en la UEB Transcupet Holguín*. (Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Industrial), Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya", Holguín, Cuba. (70) Tutor:
- Covas Varela, Daylí, Martínez Curbelo, Gretel y Feitó Cerpón, Michael. (2014). *Procedimiento de mejora del proceso de gestión de pedidos en la empresa comercializadora mayorista ITH Cienfuegos*. Artículo presentado en 2do Taller Nacional de Ingeniería Industrial, Las Tunas, Cuba, ISBN: 978-959-16-2294-5.
- Cremé Piña, Adrián (2011). *Aplicación de un Sistema de Costos de la Calidad en el proceso Gestión de Operaciones perteneciente a la Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos de la provincia de Holguín*. Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya. Tutor:
- Chamoso Vedia, Raúl. (2014). Sistema de control y distribución de ventas. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos36/canales-distribucion/canales-distribucion2.shtml>
- Christopher, M. (1972). *Logistics in its marketing context*. *European journal of marketing* (Vol. 6).
- Dorigo, M. y Stützle, T. (2004). *Ant colony optimization*.
- Escobar Soria, Aliuska (2014). *Perfeccionamiento del ciclo de distribución de medicamentos en la provincia Holguín*. Oscar Lucero Moya. Tutor:
- Estrada, M. . (2007). *Redes de distribución* (pp. 28).

- Fall. (1986). Analysis of capital purchases. *Journal of purchasing and materials management*,
- Faulin, J. (2006). Construcción de rutas de distribución de mercancías usando criterios medioambientales. Recuperado de: <http://www.navactiva.com/web/es/alog/doc/informes/2006/01/43608.php>
- Font Lara, Grethel Dayana. (2015). *Taxonomía de la identificación de las restricciones físicas en el sistema logístico en empresas comercializadoras del territorio holguinero*. (Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Industrial), Universidad de Holguín, Holguín, Cuba. Tutor: Lao León, Yosvani Orlando
- Gambardella, L. y Dorigo, M. . (1997). *Ant colony system: A cooperative learning approach to the traveling salesman problem*. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* (Vol. 1).
- García Sánchez, Álvaro (s.a.). *Técnicas metaheurísticas*.
- García Suárez, Lourdes, de León Rosales, Lázaro, Fuentes García, Sonia y Ferreiro García, Beatriz. (2010). Análisis bibliométrico de los artículos científicos publicados en la Revista Médica Electrónica (2003-2009). *Revista Médica Electrónica*, ISSN: 1684-1824,
- García Vidal, Gelmar. (2011). Introducción a los métodos del análisis de redes sociales. Holguín: Universidad de Holguín.
- Garza Ríos, Rosario y González Sánchez, Caridad (2004). Un soporte computacional para el diseño de rutas de distribución. *Revista investigación operacional*, 25, 10,
- Glover, F. (1986). *Future paths for integer programming and links to artificial intelligence*. *Computers and operations research* (Vol. 13).
- Glover, F. y Laguna, M. (1997). *Tabu search*: Kluwer Academic.
- Gómez Acosta, M. (2001). *Gestión de la Cadena de Suministro*. Ciudad de La Habana: Ediciones Imprenta.
- González García, Jorge Yasmanis. (2015). *Pronóstico de la demanda a través de una Red Neuronal Artificial Perceptrón Multicapa*. (Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Industrial), Universidad de Holguín, Holguín, Cuba. Tutor: Lao León, Yosvani Orlando
- González Ricardo, Joaquin José. (2015). *Modelación multicriterio de los recursos restrictivos en los sistemas logísticos. Caso: EMCOMED Holguín*. (Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Industrial), Universidad de Holguín, Holguín, Cuba. Tutor: Lao León, Yosvani Orlando
- Guirado García, Daryl (2012). *Aplicación del modelo de referencia para el diagnóstico y mejoramiento del proceso de transporte en la Dirección Territorial de SEPSA en Villa Clara*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Villa Clara, Cuba. Tutor:
- Gutierrez Casas, Gil y Prida Romero, Bernardo. (1998). *Logística y distribución física. Evolución, situación actual, análisis comparativo y tendencias*. Universidad Carlos III Madrid. España.
- Guzmán Hernández, Yurisel. (2014). *La gestión del servicio al cliente en la Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos Holguín*. (Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Industrial), Universidad de Holguín, Holguín, Cuba. Tutor: Lao León, Yosvani Orlando
- Henningsson, Mathias, Karlsson, Jenny y Rönnqvist, Mikael. (2007). Optimization models for forest road upgrade planning. *J Math Model Algor*, 6, 3-23, DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10852-006-9047-0>,
- Hernández Viamontes, J. (2010). *Procedimiento para la proyección tecnológica del Almacén de Tabletas de la Empresa Comercializadora y Distribuidora de*

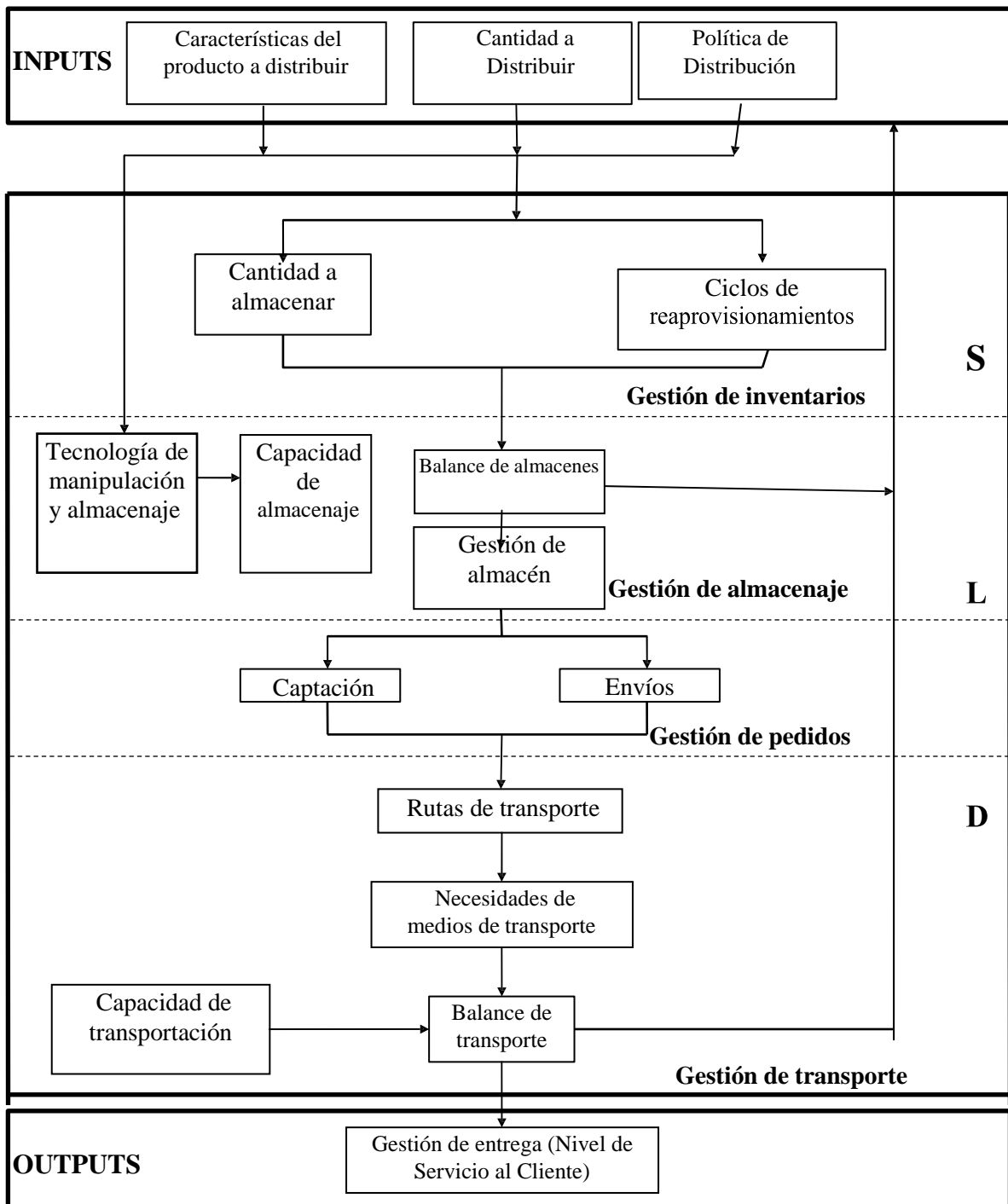
- Medicamentos (EMCOMED) de Holguín.* (Trabajo de diploma), Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya". Tutor:
- Herrera González, Y. (2013). *Procedimiento para la gestión del servicio al cliente en empresas comercializadoras de venta mayorista.* (Tesis en opción al título académico de Master en Administración de Negocios), Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas, Santa Clara. Tutor:
- Holland, John H. (1975). *Adaptation in natural and artificial systems.*
- Jaque Pirabán, R. (2008). *Métodos aproximados para la solución del problema de enrutamiento de vehículos.* Artículo presentado, Colombia.
- Jiménez Sánchez, J. y Hernández García, S. (2002). Marco conceptual de la cadena de suministro: un nuevo enfoque logístico.
- Knudsen González, J. (1997). *Procedimiento de mejora al sistema de gestión logística del transporte de residuos agrícolas cañeros (RAC) en el CAI Luis Arcos Bergnes.* (Tesis presentada en opción al grado académico de Máster en organización de la producción), Universidad Camilo Cienfuegos de Matanzas, Matanzas, Cuba. Tutor:
- Koné, Oumar, Artigues, Christian, Lopez, Pierre y Mongeau, Marcel. (2011). Event based MILP models for resource constrained project scheduling problems. *Computers & Operations Research*, 38, 409, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cor.2010.06.008>,
- Labrada Rodríguez, Ivón. (2010). *Asistencia decisional en el proceso de optimización relativo al enrutamiento de vehículos. Aplicación a la reparación de averías eléctricas en Santa Clara* Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas Santa Clara, Cuba. Tutor:
- Lalonde, B. y Grabner, J. (1971). *New dimensions in integrated distribution management. Freight management.*
- Lobaina Turiel, Yunisleidy Bárbara. (2017). *Proyección de la red de distribución del Establecimiento Punto de Ventas No. 1 CIMEX Sucursal Holguín.* (Ingeniero), Universidad de Holguín. Tutor:
- Magee, F. (1968). *Industrial logistics.*
- Martínez Cruz, Bárbara Danelis. (2015). *Perfeccionamiento de la función de transporte dentro de la distribución física en empresas comercializadoras. Caso: UB Especializada.* (Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Industrial), Universidad de Holguín, Holguín, Cuba. Tutor: Lao León, Yosvani Orlando
- Martínez Delgado, E., Acevedo Suárez, José A. y Lauzardo Rico, J. (2000). Enfoque al cliente en el análisis logístico de la red de producción-distribución de medios biológicos. *Ingeniería Industrial*, XXII(3), 6, ISSN: 1815-5936,
- Martínez Lamoth, Osner. (2011). *Metodología para la implementación de un Sistema de Gestión de Costos de la Calidad bajo el enfoque de procesos. Aplicación en la Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos de Holguín.* Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya. Tutor:
- Meneses Marcel, Juan Carlos. (2009). *Perfeccionamiento de las rutas de distribución de la Empresa Suchel Trans para la provincia de Sancti Spíritus utilizando el método de Optimización por Colonia de Hormigas.* (Tesis en opción al título académico de Máster en Ingeniería Industrial), Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas Santa Clara, Cuba. Tutor:
- Molero, María y Salvador, Adela. (s.a.). *Resolución de problemas. Método heurístico* (pp. 33).
- Montilla Peña, Leomar José. (2012). Análisis bibliométrico sobre la producción científica archivística en la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe (Redalyc) durante el período 2001-2011. *Biblios*, ISSN: 1562-4730, DOI: <http://dx.doi.org/10.5195/biblios.2012.65>,

- Moraga Suazo, R. (2003). Meta Raps: un enfoque de solución eficaz para problemas combinatorios. *Ingeniería Industrial*, Recuperado de: http://www.ici.ubiobio.cl/revista/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=23&Itemid=3
- Moreno Pérez, José A. . (2004). Metaheurísticas: Concepto y propiedades. *Universidad de La Laguna*, 67, Recuperado de: <http://webpages.ull.es/users/jamoreno/>
- Muro Cortes, Lesdy. (2009). *Procedimiento para asistir la toma de decisiones en el proceso de optimización del transporte*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas Santa Clara, Cuba. Tutor:
- Olivera, Alfredo. (2004). Heurísticas para Problemas de Ruteo de Vehículos.
- Osoario Ocampo, Dunia Y. (2011). *Diagnóstico y perfeccionamiento de la transportación de la caña en la Empresa Azucarera "Cristino Naranjo"*. (Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Industrial), Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya", Holguín, Cuba. Tutor:
- Parada Curbelo, Annarella y Hernández Maden, Reynol. (2014). *Procedimiento para la mejora de la gestión logística de aprovisionamiento en empresas comercializadoras del sector turístico en Matanzas*. Artículo presentado en 2do Taller Nacional de Ingeniería Industrial, Las Tunas, Cuba, ISBN: 978-959-16-2294-5.
- Parera Santana, Jaime. (2011). *Aplicación parcial de un procedimiento para el diseño de rutas de distribución de medicamentos en la Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos (EMCOMED) de Holguín*. (Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Industrial), Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya", Holguín, Cuba. Tutor:
- Pérez Avila, Mabel Isabel. (2015). *Mejora del servicio al cliente en empresas comercializadoras. Aplicación en EMCOMED Holguín*. (Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Industrial), Universidad de Holguín, Holguín, Cuba. Tutor: Lao León, Yosvani Orlando
- Pérez Díaz, Maribel. (2009). *Procedimiento para determinar y evaluar estándares de calidad en las droguerías cubanas, aplicación en la droguería Holguín*. (Tesis presentada en opción al grado académico de Master Mención calidad), Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya. Tutor:
- Pérez Díaz, Willian. (s.a.). *Optimización basada en simulación en el proceso de distribución – abastecimiento de mercancías*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba. Tutor:
- Pérez Pravia, M. (2010). *Modelo y procedimiento para la gestión integrada y proactiva de restricciones físicas en organizaciones hoteleras*. (Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas), Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya". Tutor:
- Prato torres, Ricardo, Suero Pèrez, Diego F. y Guzmàn Àvila, Osvaldo J. (2015). Ruteo de vehículos desde un Centro de Distribución a una Línea de Supermercados en Barranquilla, Colombia. *Ingeniare, Universidad Libre-Barranquilla*, 10(18), 11-21, ISSN: 1909-2458,
- Qiu, L. y Hsu, J. (1999). Scheduling and routing for AGVS. Technical report. *Center for Advanced Information Systems(CAISTR9926)*,
- Reinelt, G. (1994). *The traveling salesman: Computational solutions for tsp applications. Lectures notes in computer science, springer verlag*.
- Riverón Piña, Humberto. (2007). *Aplicación de un Procedimiento para la Mejora Continua de la función de transporte dentro de la Distribución Física en la lavandería perteneciente a AT Comercial, S.A* (Trabajo de diploma en opción al título de

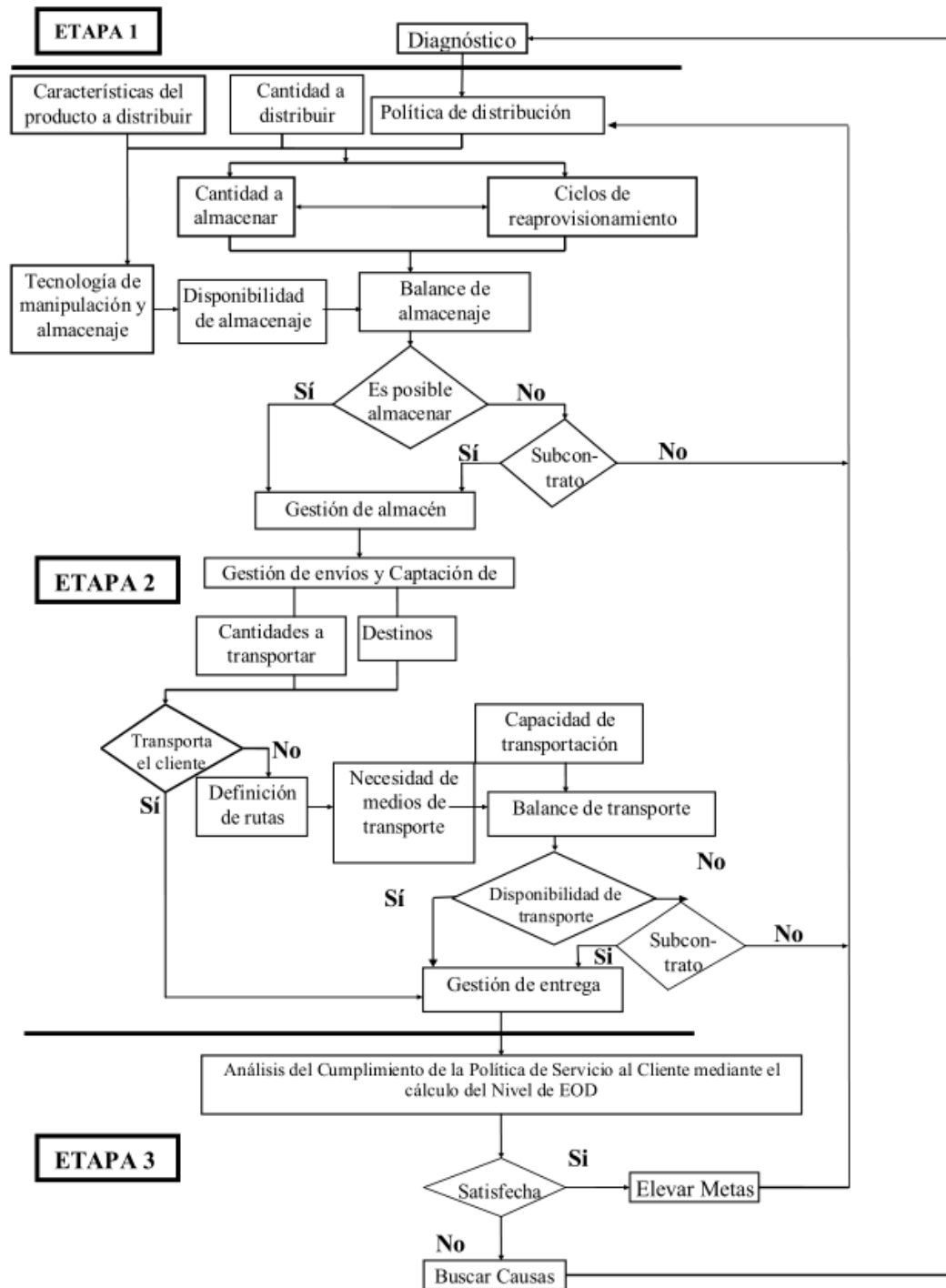
- Ingeniero Industrial), Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya" Holguín, Cuba.
Tutor:
- Rodríguez Rodríguez, Annia. (2010). *El problema del ruteo de vehículos: teoría y aplicaciones en el sector empresarial cubano*. (Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Industrial), Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Santa Clara, Cuba. Tutor:
- Rodríguez Toledo, Yudisander. (2014). *Procedimiento para el pronóstico de la demanda a través de una red neuronal artificial perceptrón multicapa*. (Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Industrial), Oscar Lucero Moya. Tutor:
- Sánchez Pereyra, Antonio, Carrillo Romero, Oralia y Garrido Villegas, Patricia. (2014). Reporte bibliométrico de las revistas mexicanas de investigación incluidas en los índices Web of Science, Scopus-SCImago, SciELO y SciELO Citation Index. *Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica*,
- Serrano Cinca, Carlos y Martín del Brío, Bonifacio (1993). El empleo de redes neuronales. *Revista española de financiación y contabilidad*, XXIII(74), 24,
- Taghaboni, F. y Tanchoco, J. (1995). Comparison of dynamic routing techniques for automated guided vehicles systems. *International journal of production research* 33(26532669),
- Toro Ocampo, Eliana Mirdedy, Franco Baquero, John Fredy y Gallego Rendón, Ramón Alfonso. (2016). Modelo matemático para resolver el problema de localización y ruteo con restricciones de capacidad considerando flota propia y subcontratada. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, XVIII(3), 357-369, ISSN: 1405-7743, DOI: <http://doi.org/10.1016/j.riit.2016.07.006>,
- Torres Gemeil, Daduna (2007). *Fundamentos generales de la logística*. Ciudad de la Habana y Berlín: Hermanos Saíz Montes de Oca, ISBN: 978-959-16-0531-3.
- Torres Gemeil, M. y Conejero Suárez, H. (2000). *Aspectos del desarrollo de la logística en Cuba*. Artículo presentado en I Simposio internacional de ingeniería industrial. V Taller internacional de logística empresarial., La Habana, Cuba.
- Torres Gemeil, M. y Mederos Cabrera, B. (2004). *Logística. Temas seleccionados. Tomo I*. La Habana, Cuba, ISBN: 959-250-100-9.
- Torres Gemeil, Manuel, Daduna, Joachim y Mederos Cabrera, Beatriz. (2004). *Logística. Temas seleccionados. Tomo II*. La Habana, Cuba, ISBN: 959-250-100-9.
- Valdés, L. (2008). *Diseño de un procedimiento de planificación de la distribución de un almacén*. Artículo presentado en XIV Convención científica de ingeniería y arquitectura. VIII Taller internacional de logística, La Habana, Cuba.
- Vega de la Cruz, L.O. (2014). *Procedimiento para la modelación multicriterio de los recursos más representativos en los sistemas logísticos*. (Tesis presentada para optar al Título de Ingeniero Industrial), Universidad de Holguín: Oscar Lucero Moya, Holguín. Tutor:
- Velázquez Albiol, Pedro. (2000). Terciarización: Una solución del presente y una necesidad del futuro. *Logística Aplicada*(7), 5, ISSN: 1026-0749,
- Yan, Hong y Tang, Shao long. (2009). Pre distribution and post distribution cross docking operations. *Transportation Research Part E*, 45, 843-859, ISSN: 1366-5545, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tre.2009.05.005>,
- Zijm, Henk y Timmer, Judith. (2008). Coordination mechanisms for inventory control in three echelon serial and distribution systems. *Annal of Operations Research*, 158, 161–182, DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10479-007-0239-4>,

ANEXOS

Anexo 1. Esquema general de un Sistema Logístico de Distribución. (SLD)



Anexo 2. Procedimiento para la mejora continua de un Sistema Logístico de Distribución



Anexo 3. Inventario de los vehículos al cierre de abril/2018

No	Tipo de equipo	Marca	Matrícula	Explotación	Estado Técnico.			Pend.	Baja	Actividades.	Tipo	Índice de consumo	Capacidad total	
					B	R	M	Baja		Asignada	Combustible	Real	Pasaj	Ton.
1	MOTO CICLO CARGA	TMZ	B50545	x			x			SERVICIO	GASOLINA	14,0	2,0	
2	MOTO CICLO CARGA	TG	OZA 664	P/B			X	X		SERVICIO	GASOLINA	0,0	2,0	
3	AUTO PASEO	PEUGEOT	B088047	x	X					ADMINIST.	GASOLINA	8,0	5,0	
4	AUTO	LADA	OSA-080	P/B			X	X		SERVICIO		0,0	4,0	
5	JEEP	WILLYS	B054963	x		X				SERVICIO	GASOLINA	9,5	5,0	
6	PANEL	CITROEN	B138174	x			X			CARGA	DIESEL	8,8		2,5
7	PANEL	CITROEN	USH- 696	P/B			X	X		CARGA	DIESEL	0,0		2,5
8	PANEL	HYUNDAI	B117927	x		X				CARGA	DIESEL	9,0		1,5
9	MICROBUS	MITSUBISHI	B005550	P.L.P			X			P / ASEG	DIESEL	0,0	12,0	
10	CAMIÓNETA SIMPLE EXT. FURGON	DEER	B054636	x		X				CARGA	DIESEL	12,0		0,5
11	CAMIONETA EXT. REFRIGERADA	DEER	B087998	x		X				CARGA	DIESEL	11,3		1,0
12	CAMIÓN FURGON	HYUNDAI	B140299	x		X				CARGA	DIESEL	4,5		8,0
13	CAMIÓN FURGON	HYUNDAI	B054315	x		X				CARGA	DIESEL	3,5		7,0
14	CAMIÓN FURGON	HOWO	B170764	x	X					CARGA	DIESEL	5,5		3,5
15	CAMIÓN PLATAFORMA	GAZ	B138099	x	X					CARGA	DIESEL	5,0		4,0
16	CAMIÓN PLATAFORMA	ZIL	B005674	x			X			CARGA	DIESEL	5,0		6,0
17	CAMIÓN CISTERNA	MAZ	B054945	x			X			CARGA	DIESEL	2,8		10,0
	CAMIÓN CISTERNA	KRAZ	OSM 869	Baja					X	CARGA	DIESEL	2,5		10,0
	CAMIÓN PLATAFORMA	GAZ	OST-075	Baja					X	CARGA		0,0		4,0

Anexo 4. Tabla de circuito de distribución del municipio Holguín

Centro Ciudad		Máximo Gómez		San Andrés
F. Frexes y Pepe Torres		F. Salida S. Andrés		F. Viradero S. Andrés
F. Principal (FMP#1)		F. Nuevo Llano		F. Las Cruces de Purnio
F. Medicina Verde		Centro Higiene Provincial		F. Sabanilla de Purnio
F. Carril (FMP#2)		F. Reparto Zayas		F. La Breñosa
LABIOFAM		P. Máximo Gomes		P. San Andrés
F. Aricochea y Maceo		F. Maceo y Arias		F. San Andrés
P. Julio Grave		F. Reparto Luz		Hogar Materno San Andrés
F. Libertad y Cable		P. Alcides Pino		F. Cañada de Melones
F. Martí y Fomento		F. El Yarey		
F. Vista Alegre		F. Alcides Pino		
P. René Ávila				
Hogar Impedido Físico				
F. Piedra Blanca				
MARTES				
PEDRO DEL TORO		MARIO GUTIERREZ		PEDRO DIAZ CUELLO
P. Alex Urquiola		F. Ciudad Jardín		Hogar materno 8 de marzo
Clínica Manuel Angulo		P. Mario Gutiérrez		Centro Atención Diabético
Centro Com. Salud Mental 2		F. Reparto. Lenin		P. Díaz Legrá
F. Alex Urquiola		F. La Plana		Clínica Mario Pozo
F. Pueblo Nuevo (calle Real)		F 12 Plantas		Hogar Anciano Pedro V
F. San Field		Clínica Mastrapa		F Reparto Peralta
P. Del Toro		F Ramón Quintana		Banco de Sangre
F. Villanueva		F. Emilio Bárcenas		F. Cuerpo Guardia Pediátrico
F. Pueblo Nuevo (Correo)				F.18 Plantas
F. Cuerpo de guardia Clínico				La Aduana
F. Mayabe				SIUM
F. Cuaba				P. Pedro D Coello
				F El Bosque
				Hospital Militar
				FCM. Pedro Díaz Coello
				Hospital Juan Tomás
				Centro Producción Holguín -2

Anexo 5. Distancias y tiempos de las rutas actuales de distribución

Zona: Pedro del Toro.

Origen	Destino	Distancia (Km)	Tiempo (hrs)
EMCOMED	Clínica. Est. Manuel Angulo	5,7	00:03:34
Clínica. Est. Manuel Angulo	F. Alex Urquiola	0,92	00:04:50
F. Alex Urquiola	Centro Com. Salud Mental 2	1,2	00:05:14
Centro Com. Salud Mental 2	F. Pueblo Nuevo (calle Real)	1,1	00:05:49
F. Pueblo Nuevo (calle Real)	F. San Field	0,62	00:04:32
F. San Field	P. Pedro del Toro	0,77	00:04:15
P. Pedro del Toro	F. Villa Nueva	0,53	00:06:36
F. Villa Nueva	F. Pueblo Nuevo (correo)	0,47	00:09:33
F. Pueblo Nuevo (correo)	Hosp. Clínico	1,5	00:09:07
Hosp. Clínico	F. carretera Mayabe	4,4	00:04:01
F. carretera Mayabe	F. La Cuaba	3,4	00:04:15
F. La Cuaba	EMCOMED	12	00:13:31
Total: 32,61 Km			

Zona: Mario Gutiérrez.

Origen	Destino	Distancia (Km)	Tiempo (hrs)
EMCOMED	F. Ciudad Jardín	2,60	00:05:14
F. Ciudad Jardín	Policlínico Mario Gutiérrez	0,82	00:06:31
Policlínico Mario Gutiérrez	F. Reparto Lenin	0,42	00:06:48
F. Reparto Lenin	F. 12 Plantas	1,30	00:07:46
F. 12 Plantas	Clin. Est. Artemio Mastrapa	0,34	00:06:36
Clin. Est. Artemio Mastrapa	Policlínico Alex Urquiola	0,46	00:03:50
Policlínico Alex Urquiola	F. La Plana	0,48	00:03:15
F. la Plana	F. Ramón Quintana	1,90	00:13:01
F. Ramón Quintana	F. Turno Normal	1,20	00:05:17
F. Turno Normal	EMCOMED	3,60	00:04:47
Total: 13,12 Km			

**Anexo 5. Distancias y tiempos de las rutas actuales de distribución
(continuación)**

Zona: San Andrés

Origen	Destino	Distancia (Km)	Tiempo (hrs)
EMCOMED	F. Viradero San Andrés	5,10	00:08:12
F. Viradero San Andrés	F. Las Cruces de Purnio	9,80	00:12:31
F. Las Cruces de Purnio	F. Sabanilla de Purnio	3,20	00:06:48
F. Sabanilla de Purnio	F. La Breñosa	6,00	00:07:20
F. La Breñosa	P. San Andrés	8,70	00:10:32
P. San Andrés	F. San Andrés	0,22	00:01:52
F. San Andrés	F. Yuraguana	5,40	00:07:14
F. Yuraguana	EMCOMED	30	00:20:01
Total: 68,42 Km			

Zona: Pedro Díaz Coello

Origen	Destino	Distancia (Km)	Tiempo (hrs)
EMCOMED	P. Díaz Legrá	5,20	00:08:12
P. Díaz Legrá	Hogar Anciano Pedro V	0,20	00:02:15
Hogar Anciano Pedro V	F. Reparto Peralta	0,27	00:02:28
F. Reparto Peralta	F. c/g Pedriático	0,36	00:02:16
F. c/g Pedriático	F.18 Plantas	0,88	00:06:36
F.18 Plantas	F. La Aduana	1,40	00:05:50
F. La Aduana	SIUM	1,30	00:04:47
SIUM	P. Pedro Díaz Coello	0,99	00:13:19
P. Pedro Díaz Coello	F. El Bosque	0,51	00:03:11
F. El Bosque	Hospital Militar	1,20	00:12:31
Hospital Militar	F. Pedro Díaz Coello	1,20	00:13:09
F. Pedro Díaz Coello	Hogar materno 8 de marzo	1,50	00:07:49
Hogar materno 8 de marzo	EMCOMED	10,00	00:08:43
Total: 25,01 Km			

**Anexo 5. Distancias y tiempos de las rutas actuales de distribución
(continuación)**

Zona: Máximo Gómez

Origen	Destino	Distancia (Km)	Tiempo (hrs)
EMCOMED	F. Nuevo Llano	4,10	00:13:35
F. Nuevo Llano	F. salida S. Andrés	0,67	00:08:45
F. salida S. Andrés	Centro Higiene Provincial	0,90	00:03:22
Centro Higiene Provincial	F. Reparto Zayas	0,15	00:12:04
F. Reparto Zayas	P. Máximo Gómez	1,15	00:06:34
P. Máximo Gómez	F. Maceo y Arias	0,32	00:14:50
F. Maceo y Arias	F. Reparto Luz	1,40	00:04:18
F. Reparto Luz	P. Alcides Pino	0,52	00:05:31
P. Alcides Pino	F. El Yarey	0,54	00:06:13
F. El Yarey	F. Alcides Pino	0,67	00:04:43
F. Alcides Pino	EMCOMED	6,90	00:09:13
Total: 17,32 Km			

Anexo 6. Demanda de clientes.

Máximo Gómez	Bultos promedio semanal	Promedio pesoKG semanal	Promedio pesoTon Semanal
F TN Salida San. Andrés	36	367,14	0,36714
F TN Nuevo Llano	21	197,69	0,19769
F TN Reparto Zayas	16	113,22	0,11322
F TE Maceo y Arias	48	516,63	0,51663
F TE Rpto Luz	46	497,44	0,49744
F TN A. Pino. El yarey	20	185,4	0,1854
F TE Alcides Pino	50	502,4	0,5024
F TN Viradero S. Andrés	19	147,52	0,14752
Pol. Máximo Gómez	16	138,67	0,13867
Pol. Alcides Pino	20	189,01	0,18901
Total	Bultos promedio sem:292	Promedio KG sem:2855.12	General Peso Ton: 2.85512
San Andrés	Bultos promedio semanal	Promedio pesoKG semanal	Promedio pesoTon Semanal
F TN Las Cruces de Purnio	8	45,15	0,04515
F TN Sabanilla de Purnio	11	68,55	0,06855
F TN La Breñosa	5	17,03	0,01703
F TE San Andrés Campo	52	507,42	0,50742
F TE Cañada de Melones	18	153,94	0,15394
Pol. San Andrés	13	100,58	0,10058
Hogar Materno San Andrés	2	6,74	0,00674
Tienda Amasabo 1ra(M)	1	1,58	0,00158
Tienda Los Sitios 1ra(M)	1	1,58	0,00158
Tienda de Purnio 1ra(M)	1	1,25	0,00125
Tienda Tasajera 1ra(M)	1	1,94	0,00194
Total	Bultos promedio sem:113	Promedio KG sem:905.76	General Peso Ton:0.90576
Centro Ciudad	Bultos promedio semanal	Promedio pesoKG semanal	Promedio pesoTon Semanal
FMP # 1 DISPENSARIAL	39	586,65	0,58665
FMP #2 LA CARRIL	45	513,55	0,51355
F TE Martí y Fomento	43	437,37	0,43737
F TN Aricochea y Maceo	12	86,75	0,08675
F TN Libertad y Cable	24	228,13	0,22813
F TE Vista Alegre	55	560,03	0,56003
F TN Frexes y Pepe Torres	24	215,81	0,21581
F TN Piedra Blanca	35	337,84	0,33784
Fcia. Med. Verde (Homeopat)	4	31,79	0,03179
Farmacia Med. Verde F y Miro	2	20,26	0,02026
Dispens. Salud Mental CCSM 1	1	0,92	0,00092
Centro Producción Holguín #1	22	395,23	0,39523
Pol. Julio Grave Peralta	12	76,85	0,07685
Pol. René Ávila	10	61,44	0,06144
Hogar Impedido Físico	8	18,93	0,01893
Total	Bultos promedio sem:336	Promedio KG sem:3571.55	General Peso Ton: 3.57155

Anexo 6. Demanda de clientes (continuación)

Pedro del Toro	Bultos promedio semanal	Promedio pesoKG semanal	Promedio pesoTon Semanal
F TE Alex Urquiola	35	345,71	0,34571
F TN Calle Real	47	455,84	0,45584
F TN San Field	34	342,41	0,34241
F TN Villa nueva	26	192,4	0,1924
F TE Pueblo N. Correo	50	537,13	0,53713
Fcia. Cuerpo Guardia. Clínico	33	492,29	0,49229
F TN Mayabe	14	98,85	0,09885
F TN La Cuaba	10	56,13	0,05613
Pol. Pedro Del Toro	15	133	0,133
Clínica Manuel Ángulo	4	62,41	0,06241
F. Pueblo Nuevo (calle Real)	4	13,43	0,01343
Centro Com. Salud Mental 2	4	5,71	0,00571
Total	Bultos promedio sem:276	Promedio KG sem:2735.31	General Peso Ton: 2.73531
Mario Gutiérrez	Bultos promedio semanal	Promedio pesoKG semanal	Promedio pesoTon Semanal
F TN Ciudad Jardín	18	166,05	0,16605
F TN Rpto. Lenin	37	410,71	0,41071
F TE La Plana	47	463,7	0,4637
F A HP 12 Plantas	42	445,77	0,44577
F TN Ramón Quintana	18	151,79	0,15179
F TN Emilio Barcena	21	190,76	0,19076
Pol. Alex Urquiola	9	60,73	0,06073
P. Mario Gutiérrez	17	178,63	0,17863
Clínica Artemio Mastrapa	4	32,67	0,03267
CCM No. 2 Hosp. de Día	2	1,98	0,00198
Total	Bultos promedio sem:215	Promedio KG sem:2102.79	General Peso Ton: 2.10279
Pedro Díaz Coello	Bultos promedio semanal	Promedio pesoKG semanal	Promedio pesoTon Semanal
F A HP Rpto Peralta	46	526,23	0,52623
F TN 18 Plantas	14	99,85	0,09985
F TE La Aduana	45	486,41	0,48641
F TN El Bosque	31	270,9	0,2709
F TN Pedro Díaz Coello	29	287,85	0,28785
Hogar Mat. 8 de marzo	6	45,17	0,04517
Hogar Anc. P. Vázquez	6	34,87	0,03487
Centro Atención Diabético	3	4,37	0,00437
Pol. Díaz Legrá	13	96,18	0,09618
Clínica Mario Pozo	3	21,32	0,02132
Hospital Juan Tomás	5	15,76	0,01576
Pol. Pedro Díaz Coello	13	119,1	0,1191
Hospital Militar	54	1350,66	1,35066
SIUM	6	38,03	0,03803
Total	Bultos promedio sem:274	Promedio KG sem:3396.7	General Peso Ton: 3.3967

Anexo 7. Matriz de distancia entre los diferentes destinos de la ruta Centro de Ciudad

Distancia (Km)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0.00	4.50	4.40	4.40	4.50	4.40	4.30	4.60	4.66	5.20	5.00	5.20	6.10	7.00
2	4.60	0.00	0.33	0.60	0.60	0.12	0.47	0.62	0.68	1.30	1.00	1.20	1.80	2.60
3	4.70	0.79	0.00	0.63	0.28	0.90	0.64	0.30	0.36	0.94	1.10	1.30	2.20	2.80
4	5.20	1.30	1.00	0.00	0.70	1.20	1.20	0.71	0.77	1.30	0.90	1.10	2.00	2.60
5	4.60	0.56	0.59	0.73	0.00	0.67	0.42	0.39	0.45	1.00	1.20	1.40	2.30	2.80
6	4.40	0.12	0.22	0.53	0.48	0.00	0.36	0.51	0.57	1.10	1.00	1.20	2.10	2.60
7	4.10	0.45	0.47	1.10	0.73	0.56	0.00	0.75	0.81	1.40	1.10	1.30	2.20	3.20
8	4.50	1.40	1.06	0.85	0.14	1.30	0.54	0.00	0.24	0.06	1.30	1.50	2.40	3.00
9	4.90	1.30	0.86	0.90	0.50	1.20	1.10	0.50	0.00	0.17	1.36	1.56	2.46	3.06
10	4.70	1.10	0.86	0.80	0.35	1.00	1.00	0.60	0.17	0.00	1.20	1.40	2.30	2.90
11	5.30	1.30	1.00	0.57	1.30	1.20	1.20	1.30	1.40	2.00	0.00	0.49	1.10	1.90
12	5.90	1.60	1.60	1.20	1.90	1.70	1.80	1.90	2.00	2.60	0.76	0.00	1.37	2.00
13	6.40	2.40	2.20	1.70	2.40	2.30	2.30	2.30	2.40	2.90	1.30	1.37	0.00	0.84
14	7.00	3.00	2.70	2.20	2.90	2.90	2.80	2.80	2.80	3.40	2.10	2.10	1.20	0.00

1. EMCOMED
2. F. Medicina Verde
3. F. Carril (FMP#2)
4. F. Martí y Fomento
5. LABIOFAM
6. F. Principal (FMP#1)
7. F. Frexes y Pepe Torres

8. F. Aricochea y Maceo
9. F. Libertad y Cable
10. P. Julio Grave
11. F. Vista Alegre
12. P. René Ávila
13. Hogar Impedido Físico
14. F. Piedra Blanca

Anexo 8. Coordenadas geográficas de los clientes del municipio de Holguín

Coordenadas de la ruta Pedro del Toro

	Destinos	Latitud	Longitud
1	EMCOMED (origen)	20,883208	-76,292705
2	Clínica. Est. Manuel Angulo	20,874956	-76,254303
3	F. Alex Urquiola	20,875324	-76,259523
4	Centro Com. Salud Mental 2	20,880366	-76,259802
5	F. Pueblo Nuevo (calle Real)	20,879637	-76,253823
6	F. San Field	20,882236	-76,24958
7	P. Pedro del Toro	20,877923	-76,24623
8	F. Villa Nueva	20,87471	-76,245548
9	F. Pueblo Nuevo (correo)	20,875122	-76,249218
10	F. Hosp. Clínico	20,870536	-76,238166
11	F. carretera Mayabe	20,851046	-76,226548
12	F. La Cuaba	20,831956	-76,204182

Coordenadas de la ruta Mario Gutiérrez

	Destinos	Latitud	Longitud
1	EMCOMED	20,883208	-76,292705
2	F. Ciudad Jardín	20,879583	-76,277904
3	Policlínico Mario Gutiérrez	20,884402	-76,275364
4	F. Reparto Lenin	20,88713	-76,274869
5	F. 12 Plantas	20,887155	-76,26717
6	Clin. Est. Artemio Mastrapa	20,885161	-76,265646
7	Policlínico Alex Urquiola	20,883602	-76,266305
8	F. La Plana	20,883706	-76,269925
9	F. Ramón Quintana	20,875723	-76,266758
10	F. Turno Normal	20,867321	-76,271462

Coordenadas de la ruta San Andrés

	Destinos	Latitud	Longitud
1	EMCOMED (origen)	20,883208	-76,292705
2	F. Viradero San Andrés	20,89796	-76,27814
3	F. Las Cruces de Purnio	20,94197	-76,3546
4	F. Sabanilla de Purnio	20,93853	-76,37723
5	F. La Breñosa	20,93611	-76,41633
6	P. San Andrés	20,97708	-76,43957
7	F. San Andrés	20,97668	-76,44113
8	F. Yuraguana	21,00208	-76,47921

**Anexo 8. Coordenadas geográficas de los clientes del municipio de Holguín.
(continuación)**

Coordenadas de la ruta Pedro Díaz Coello

	Destinos	Latitud	Longitud
1	EMCOMED (origen)	20,883208	-76,292705
2	P. Díaz Legrá	20,88745	-76,2533
3	Hogar Anciano Pedro V	20,88843	-76,25254
4	F. rpto Peralta	20,88731	-76,25171
5	F. c/g Pedriático	20,886809	-76,248417
6	F.18 Plantas	20,88797	-76,24239
7	F. La Aduana	20,88448	-76,23828
8	SIUM	20,87997	-76,23216
9	P. Pedro Díaz Coello	20,88745	-76,23198
10	F. El Bosque	20,88625	-76,22875
11	Hospital Militar	20,88303	-76,22483
12	F. Pedro Díaz Coello	20,88823	-76,21847
13	Hogar materno 8 de marzo	20,880019	-76,2178

Coordenadas de la ruta Máximo Gómez

	Destinos	Latitud	Longitud
1	EMCOMED (origen)	20,883208	-76,292705
2	F. Nuevo Llano	20,89113	-76,27315
3	F. salida San Andrés	20,89317	-76,26894
4	Centro Higiene Provincial	20,896668	-76,262973
5	F. Reparto Zayas	20,8973	-76,26358
6	P. Máximo Gómez	20,88955	-76,26246
7	F. Maceo y Arias	20,88884	-76,260789
8	F. Reparto Luz	20,89819	-76,25731
9	P. Alcides Pino	20,90238	-76,25794
10	F. El Yarey	20,90371	-76,26096
11	F. Alcides Pino	20,90852	-76,25962

Anexo 9. Matrices de distancias entre los diferentes destinos de las rutas del municipio Holguín.

Ruta: Pedro del Toro

Distancia (Km)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,00	5,70	5,20	4,80	5,50	6,10	6,50	6,40	6,00	8,30	9,10	12,00
2	5,70	0,00	0,92	1,30	0,76	1,30	1,20	1,10	0,65	2,40	5,10	8,50
3	5,00	0,92	0,00	1,20	1,10	1,60	1,70	1,70	1,20	2,70	5,10	8,50
4	4,40	1,50	1,00	0,00	1,10	1,80	2,30	2,30	1,80	3,30	5,60	9,00
5	5,50	0,76	1,10	0,87	0,00	0,62	1,20	1,20	0,74	2,20	4,60	8,00
6	6,00	1,30	1,60	1,40	0,61	0,00	0,77	1,70	1,30	2,80	5,10	8,50
7	6,50	1,40	1,70	2,00	1,20	0,77	0,00	0,53	0,51	1,80	4,30	7,70
8	6,50	1,40	1,70	2,00	1,20	1,70	0,53	0,00	0,47	1,30	3,90	7,30
9	6,00	0,65	1,20	1,50	0,74	1,30	0,51	4,70	0,00	1,50	4,10	7,50
10	8,30	2,40	2,70	3,00	2,20	2,80	1,80	1,30	1,50	0,00	4,40	7,80
11	9,10	5,00	5,10	5,30	4,60	5,10	4,30	3,90	4,10	4,30	0,00	3,40
12	12,00	8,40	8,40	8,70	8,00	8,50	7,70	7,30	7,50	7,70	3,40	0,00

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1. EMCOMED | 7. P. Pedro del Toro |
| 2. Clínica. Est. Manuel Angulo | 8. F. Villa Nueva |
| 3. F. Alex Urquiola | 9. F. Pueblo Nuevo (correo) |
| 4. Centro Com. Salud Mental 2 | 10. F. Hosp. Clínico |
| 5. F. Pueblo Nuevo (calle Real) | 11. F. carretera Mayabe |
| 6. F. San Field | 12. F. La Cuaba |

Anexo 9. Matrices de distancias entre los diferentes destinos de las rutas del municipio Holguín. (continuación)

Ruta: Mario Gutiérrez

Distancia (Km)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,00	2,60	2,70	3,00	3,70	3,80	3,60	3,20	4,80	3,60
2	2,60	0,00	0,82	1,20	1,80	2,00	1,80	1,30	1,50	2,60
3	2,60	0,81	0,00	0,42	1,20	1,30	1,10	0,69	2,50	3,40
4	3,00	1,20	0,42	0,00	1,30	1,50	1,30	0,85	2,70	3,70
5	4,00	2,10	1,50	1,30	0,00	0,34	0,78	0,92	1,80	2,80
6	3,60	1,80	1,20	1,30	0,36	0,00	0,46	0,50	1,90	2,80
7	3,60	1,80	1,10	1,30	0,71	0,51	0,00	0,48	1,70	2,70
8	3,20	1,30	0,68	0,85	0,64	0,65	0,48	0,00	1,90	2,80
9	4,80	1,50	2,50	2,70	1,80	1,60	1,50	1,90	0,00	1,20
10	3,60	2,60	3,40	3,70	2,80	2,50	2,50	2,80	1,20	0,00

1. EMCOMED
2. F. Ciudad Jardín
3. Policlínico Mario Gutiérrez
4. F. Reparto Lenin
5. F. 12 Plantas

6. Clin. Est. Artemio Mastrapa
7. Policlínico Alex Urquiola
8. F. la Plana
9. F. Ramón Quintana
10. F. Turno Normal

Anexo 9. Matrices de distancias entre los diferentes destinos de las rutas del municipio Holguín. (continuación)

Ruta: San Andrés

Distancia (Km)	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,00	5,10	15,00	17,00	23,00	25,00	25,10	30,00
2	5,10	0,00	9,80	12,00	18,00	20,00	20,10	25,00
3	15,00	9,80	0,00	3,20	9,20	11,00	11,10	15,00
4	17,00	12,00	3,20	0,00	6,00	9,90	10,00	14,00
5	27,00	22,00	9,20	6,00	0,00	8,70	8,80	13,00
6	25,00	20,00	11,00	9,90	8,70	0,00	0,22	5,40
7	25,00	20,00	11,00	9,90	8,80	0,22	0,00	5,60
8	30,00	25,00	15,00	14,00	13,00	5,40	5,60	0,00

1. EMCOMED
2. F. Viradero San Andrés
3. F. Las Cruces de Purnio
4. F. Sabanilla de Purnio
5. F. La Breñosa
6. P. San Andrés
7. F. San Andrés
8. F. Yuraguana

Anexo 9. Matrices de distancias entre los diferentes destinos de las rutas del municipio Holguín. (continuación)

Ruta: Pedro Díaz Coello

Distancia (Km)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0,00	5,20	5,20	5,30	5,90	6,40	6,70	7,90	7,60	7,80	8,80	9,10	10,00
2	5,30	0,00	0,20	0,27	0,60	1,40	1,70	2,90	2,60	2,80	3,80	4,10	4,70
3	5,30	0,19	0,00	0,27	0,60	1,40	1,70	2,90	2,60	2,80	3,80	4,10	4,70
4	5,40	0,22	0,27	0,00	0,36	1,20	1,50	2,70	2,30	2,50	3,60	3,90	4,50
5	5,70	0,54	0,60	0,36	0,00	0,88	1,10	2,40	2,00	2,20	3,30	3,60	4,10
6	6,80	1,60	1,70	1,50	0,88	0,00	1,40	2,40	1,50	2,50	3,50	3,80	4,40
7	6,80	1,60	1,70	1,50	1,10	1,10	0,00	1,30	0,92	1,10	2,20	2,50	3,00
8	8,00	2,90	2,90	2,70	2,40	2,10	1,30	0,00	0,99	1,20	2,20	2,50	3,10
9	7,70	2,50	2,50	2,30	2,00	1,50	0,92	0,99	0,00	0,51	1,70	2,00	2,60
10	7,90	2,70	2,70	2,50	2,20	2,20	1,10	1,20	0,51	0,00	1,20	1,50	2,10
11	8,90	3,80	3,80	3,60	3,30	3,00	2,20	2,20	1,70	1,20	0,00	1,20	1,80
12	9,20	4,10	4,10	3,90	3,60	3,30	2,50	2,50	2,00	1,50	1,20	0,00	1,50
13	10,00	4,70	4,70	4,50	4,10	4,10	3,00	3,10	2,60	2,10	1,80	1,50	0,00

1. EMCOMED
2. P. Díaz Legrá
3. Hogar Anciano Pedro V
4. F. Reparto Peralta
5. F. c/g Pedriático
6. F.18 Plantas
7. F. La Aduana

8. SIUM
9. P. Pedro Díaz Coello
10. F. El Bosque
11. Hospital Militar
12. F. Pedro Díaz Coello
13. Hogar materno 8 de marzo

Anexo 9. Matrices de distancias entre los diferentes destinos de las rutas del municipio Holguín. (continuación)

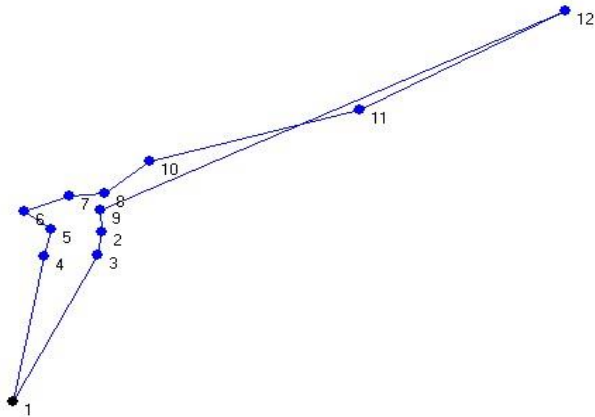
Ruta: Máximo Gómez

Distancia (Km)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,00	4,10	4,40	5,60	5,70	4,60	4,50	5,70	6,20	6,60	7,00
2	4,00	0,00	0,67	1,50	1,50	2,00	2,00	2,10	2,60	3,10	3,50
3	4,40	0,67	0,00	0,90	0,92	0,91	1,20	1,60	2,00	2,50	2,90
4	5,50	1,50	0,90	0,00	0,15	1,00	1,10	1,10	1,60	2,10	2,50
5	5,60	1,50	0,92	0,15	0,00	1,15	1,25	1,25	1,75	2,25	2,65
6	4,50	2,00	1,50	1,10	1,15	0,00	0,32	1,40	1,80	2,30	2,70
7	4,40	2,20	1,50	1,10	1,25	0,44	0,00	1,40	1,90	2,40	2,80
8	5,80	2,10	1,60	1,10	1,25	1,40	1,40	0,00	0,52	0,99	1,40
9	6,10	2,60	2,00	1,60	1,75	1,80	1,90	0,52	0,00	0,54	0,93
10	6,50	3,10	2,50	2,10	2,25	2,30	2,30	0,99	0,54	0,00	0,67
11	6,90	3,50	2,90	2,50	2,65	2,70	2,80	1,40	0,93	0,67	0,00

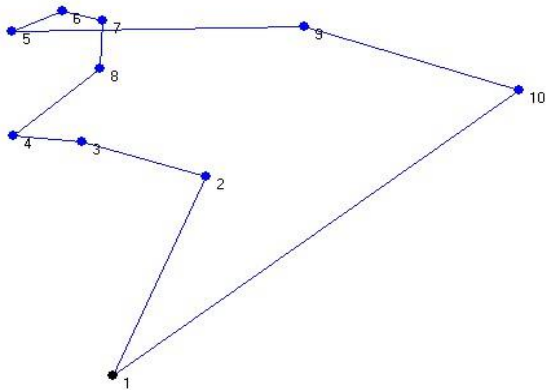
- | | |
|------------------------------|---------------------|
| 1. EMCOMED (origen) | 7. F. Maceo y Arias |
| 2. F. Nuevo Llano | 8. F. Reparto Luz |
| 3. F. salida San Andrés | 9. P. Alcides Pino |
| 4. Centro Higiene Provincial | 10. F. El Yarey |
| 5. F. Reparto Zayas | 11. F. Alcides Pino |
| 6. P. Máximo Gómez | |

Anexo 10. Rutas de distribución mejoradas del municipio Holguín. Salida del VRP Solver.

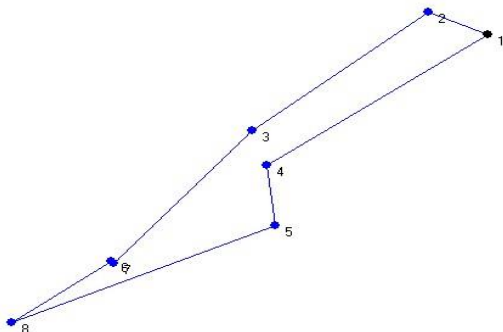
Ruta: Pedro del Toro



Ruta: Mario Gutiérrez

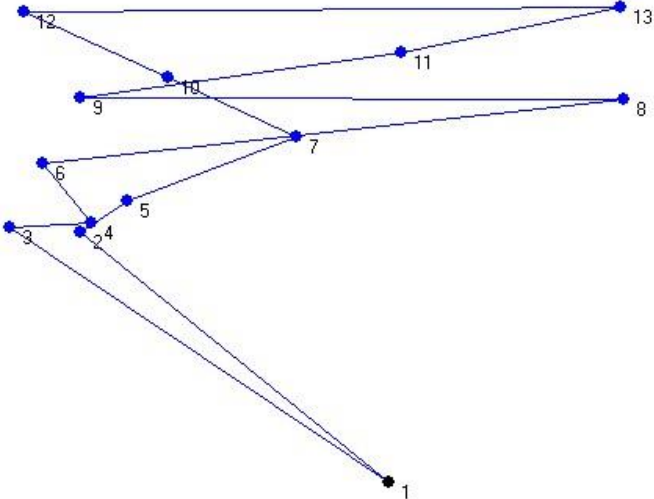


Ruta: San Andrés



Anexo 10. Rutas de distribución mejoradas del municipio Holguín. Salida del VRP Solver.

Ruta: Pedro Días Coello



Ruta: Máximo Gómez

