

Capítulo 1

Introducción

En este capítulo se proporciona un panorama general del trabajo de investigación desarrollado; se presentan sus antecedentes, definición del problema, objetivos y justificación; así como una descripción de la organización de este documento.

1.1 Antecedentes

La Gestión del Transporte es un problema en el cual los clientes necesitan ser abastecidos por los distribuidores de manera efectiva y eficiente. En la mayoría de los casos, los recursos son limitados y, debido a que el transporte representa un alto porcentaje del valor añadido a los bienes, del 5% al 20% del costo total según [Toth, 2001], es necesario encontrar mejores formas para planearlo.

Una de las problemáticas que encuentra el desarrollo de la Gestión de Transporte es la falta de metodologías robustas y herramientas que faciliten el diseño de la logística de transporte en situaciones complejas del mundo real.

Un problema muy conocido en la comunidad científica, y que se asocia comúnmente al problema de la gestión de transporte, es el problema del enrutado de vehículos o VRP (de sus siglas en inglés Vehicle Routing Problem). Los trabajos de investigación más recientes

abordan situaciones reales de transporte con una complejidad de hasta cinco variantes de VRP [Pisinger, 2005; Reimann, 2003]. Además, las herramientas comerciales existentes involucran seis variantes [Hall, 2004]. A pesar de estos avances, aún no es posible brindar una solución general al problema del transporte debido a que no existe un conjunto de restricciones definitivo que lo defina.

En este trabajo de investigación se aborda un problema real que surge de la necesidad de una embotelladora de productos: planificar los horarios y carga de sus vehículos, de manera que cubran las demandas de sus clientes. Una analogía de este problema con respecto a la solución del VRP correspondería a resolver al menos seis de sus variantes y por separado obtener la solución de la distribución de la carga.

Debido a que la complejidad de la variante VRP más sencilla, el VRP Capacitado, crece exponencialmente conforme aumenta el tamaño del caso que se resuelve (pertenece a la clase NP-duro), resolver la situación de la embotelladora de productos representa una dificultad aún mayor, por que además de involucrar diversas variantes VRP, añade las tareas de construcción de horarios y configuración de la carga dentro de los vehículos.

Con este trabajo de investigación se pretende contribuir a la solución general de este problema con una metodología que permite la integración de métodos que abordan múltiples condiciones y tareas de transportación.

1.2 Descripción del Problema de Investigación

El problema de investigación especificado por la embotelladora de productos está dividido en tres sub-problemas específicos: asignación de rutas, asignación de horarios y asignación de cargas. La asignación de rutas y la asignación de horarios se puede describir como un problema Rich VRP, es decir, un problema donde diversas variantes VRP participan en la definición de una situación más compleja y cuyo objetivo es encontrar un conjunto de rutas que satisfagan las demandas. La asignación de cargas puede verse como un problema de empaquetamiento (BinPacking) donde se debe determinar un conjunto mínimo de

contenedores para distribuir los productos. A continuación se muestran las definiciones básicas de los problemas relacionados con nuestro problema de investigación.

1.2.1 Vehicle Routing Problem (VRP)

El problema de la Asignación de Rutas a Vehículos es un problema en el cual un conjunto de almacenes buscan satisfacer las demandas de sus clientes. Para llevar a cabo esa labor, los almacenes cuentan con una flotilla de vehículos que deberán aprovechar al máximo, de tal manera que se minimicen los costos y que la satisfacción de la demanda sea eficiente. Este problema se describe en forma más detallada en las secciones 2.1 y 2.2, la Figura 1.1 ejemplifica un caso típico de este problema.

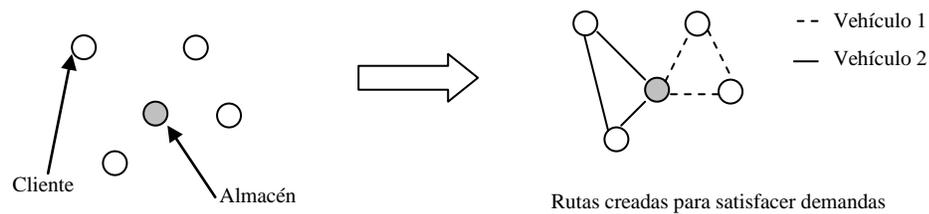


Figura 1.1. Ejemplo de definición de rutas en VRP.

1.2.2 Bin-packing Problem (BPP)

El problema de distribución de objetos en contenedores (Bin-packing) es un problema clásico de optimización combinatoria NP-duro, en el cual hay una secuencia de n objetos $L = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, cada objeto con un tamaño dado $0 < s(a_i) \leq c$, y un número ilimitado de contenedores, cada uno de capacidad c . El objetivo es determinar el menor número de contenedores m en los cuales todos los objetos pueden ser distribuidos. La expresión 1.1 enuncia este problema.

dados (1.1)

n = número de objetos a distribuir

c = capacidad del contenedor

L = secuencia de n objetos a_i

$s(a_i)$ = tamaño de cada objeto a_i

encontrar

una partición de L mínima, $L = B_1 \cup B_2 \cup \dots, \cup B_m$

tal que en cada conjunto B_j la sumatoria del tamaño de cada objeto $s(a_i)$ en B_j no exceda c ,

$$\sum_{a_i \in B_j} s(a_i) \leq c \quad \forall j, 1 \leq j \leq m.$$

En la versión discreta del problema *Bin-packing* de una-dimensión, la capacidad del contenedor es un entero c , el número de objetos es n , y por simplicidad, el tamaño de cada objeto $s(a_i)$ es seleccionado del conjunto $\{1, 2, \dots, c\}$ [Coffman 2002].

1.2.3 Routing-Scheduling-Loading Problem (RoSLoP)

Con el propósito de generalizar y extender el problema de transporte de esta investigación, y con el fin de caracterizar otras situaciones reales, en el siguiente párrafo se formula el problema de asignación de rutas, horarios y cargas (RoSLoP, de sus siglas en ingles Routing-Scheduling-Loading Problem).

Dado un conjunto de clientes con una demanda a ser satisfecha, un conjunto de almacenes que están disponibles para abastecerlos y un conjunto de variantes de BinPacking y VRP que los restringen, es necesario diseñar y asignar las rutas, horarios y cargas a los vehículos de tal manera que:

- Se satisfagan las demandas de los clientes;
- El costo total sea minimizado; y
- Las restricciones impuestas por las variantes VRP y BPP sean satisfechas.

1.3 Hipótesis

H: Al automatizar el Proceso de Distribución y Entrega de Productos mediante un Sistema Logístico Inteligente, con un enfoque de optimización, se logra:

- Minimizar el tiempo de planeación; y
- Minimizar costos de operación de una empresa de magnitud considerable.

1.4 Objetivos

Los objetivos del presente trabajo de investigación se muestran dentro de esta subsección.

1.4.1 Objetivo General

Desarrollar una metodología de solución para el problema RoSLoP basado en los modelos de solución creados para resolver variantes de VRP.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Describir formalmente el problema de investigación mediante programación matemática.
- Resolver la asignación de rutas en el problema RoSLoP a través de una heurística de solución basada en algoritmos aproximados que resuelven otras variantes VRP.
- Resolver la asignación de cargas a vehículos utilizando técnicas heurísticas deterministas.
- Proporcionar los horarios de servicio de los vehículos respetando las restricciones del caso que se esté abordando.
- Integrar la solución de cada uno de los sub-problemas de RoSLoP en una metodología de solución general que permita ser aplicada en situaciones del mundo real.
- Probar en un ambiente real la metodología de solución diseñada.

1.5 Justificación

Una gran cantidad de empresas nacionales realizan la programación de transporte y distribución de productos en forma manual con base en la experiencia; por ello, el uso de

un sistema logístico que permita asignar y distribuir rutas, cargas y horarios en forma automática, contribuirá a lograr una mayor eficiencia en la realización de dichas tareas.

Actualmente el desarrollo de software logístico en nuestro país es pobre, por otra parte las herramientas extranjeras disponibles son muy costosas, algunas endémicas de la región donde fueron desarrolladas, y la mayoría carece del conjunto de restricciones necesarias para abordar una situación apegada a la realidad nacional .

El desarrollo de un Sistema Logístico Inteligente constituirá un gran soporte, ya que aún cuando en el mercado actual se encuentra software afín, ninguno esta orientado exclusivamente a dar solución a la problemática de programación de transporte y distribución de productos, con las características mencionadas en la definición del problema. En la sección 3.3 se hace una revisión del software comercial existente, se encontró que algunas aplicaciones están limitadas al área donde se desarrollaron y por lo tanto no se pueden aplicar en casos presentados en nuestro país. Además, por lo general resuelven entre cuatro y seis variantes VRP únicamente.

Por otro lado, a pesar de que la comunidad científica ha estudiado una gran cantidad de variantes VRP, son pocas las que se han abordado como una combinación de más de tres variantes, como es el caso de este trabajo investigación. En la sección 3.2 se muestra un resumen del estado del arte sobre Rich VRP donde se puede observar que no se ha abordado un caso real tan complejo como el de la embotelladora de productos, el cual involucra un amplio conjunto de variantes VRP.

1.6 Organización del Documento

La tesis está organizada de la siguiente manera:

El Capítulo 2 aborda el problema transporte. Como parte del marco teórico se describen los problemas relacionados, se detalla a profundidad cada uno de los subproblemas que integran la gestión de transporte y se muestra un análisis de la complejidad del problema.

El Capítulo 3 presenta una relación de los trabajos relacionados con la investigación. Se muestran trabajos de la comunidad científica y un análisis del estado del arte del software comercial existente. También se incluye un análisis de las variantes Rich VRP identificadas hasta el momento.

El Capítulo 4 muestra un modelo de programación lineal entera que describe la tarea de definición de rutas del problema RoSLoP.

El Capítulo 5 presenta una metodología basada en heurísticos que resuelven de manera integrada el problema de transporte. Se describen las técnicas algorítmicas utilizadas así como el procedimiento a seguir para poder resolver casos del problema RoSLoP.

El Capítulo 6 muestra la experimentación realizada para validar la metodología propuesta para la solución de la gestión de transporte. Se describen los casos de prueba, el diseño del experimento y resultados.

El Capítulo 7 presenta las conclusiones a las que se llegó durante el desarrollo de esta investigación. El capítulo termina dando sugerencias de trabajos futuros.