

Diseño de un Modelo de Ruteo de Vehículos: Caso de Estudio UMNG Sede Campus

Yimy Alexander Hernández Ortiz, Wilfrido Javier Arteaga Sarmiento y Nataly Lorena Guarín Cortés¹

¹Grupo de Investigación Grest, Facultad de Ingeniería Campus, Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá - Cundinamarca, yimy.hernandez@unimilitar.edu.co, wilfrido.arteaga@unimilitar.edu.co, nataly.guarin@unimilitar.edu.co

Abstract – The aim of this paper is approach a vehicle routing problem, in which one we try to locate one or several routes on a network, with unknown origin and common destination, where buses stops are established and trying to determinate which buses must pick up the workers, and they are to transfer them to the educational establishment. All workpeople must be transferred to the university and those who are not in a location must be assigned to one of them.

To solve this problem we will apply different procedures based on the principles of mathematical programming and heuristic and metaheuristic processes, in order to obtain the model that responds to the needs raised in complex problems with a large number of parameters and variables, As is the case of vehicle routing.

Keywords - Ruteo, Modelo, Optimización, Procesos heurísticos y metaheurísticos.

I. INTRODUCCIÓN

La globalización de los mercados ha provocado una aceleración del comercio. El transporte, que ya es una función vital, adquiere así una posición de mayor carácter estratégico en el marco de enfoques tales como el Justo a tiempo (Just in time – JIT), Respuesta eficiente al consumidor (Efficient consumer response – ECR), Administración de la cadena de suministro (Supply chain management – SCM), entre otras que consolidan la visión de cadena de valor.

La importancia de la eficiencia de los sistemas de distribución se vuelve evidente cuando se considera el impacto de los costos asociados a las operaciones de las empresas. La complejidad en el mundo de la distribución física, las diferentes tecnologías aplicables, las exigencias del servicio y una legislación en constante cambio, hace que esta función consuma en torno a un 40% de los gastos de distribución [1]

El problema de ruteo de vehículos y sus variantes surgen de manera protagónica en áreas de la logística y el transporte de bienes. Se sabe que para ciertos productos su costo depende en gran medida a la forma en que éste se mueve a través del canal de distribución. La optimización de la ruta logística puede disminuir sensiblemente el costo del producto,

además de proveer valores agregados intangibles como la satisfacción del cliente y lealtad a la marca debido a entregas a tiempo y costos razonables.

En este trabajo se aborda un problema de ruteo de vehículos, en el cual se trata de localizar una o varias rutas sobre una red, con origen desconocido y destino común, en donde se establecen paraderos por los cuales los buses deben recoger a los funcionarios que ahí se encuentren para trasladarlos al establecimiento educativo. Todos los funcionarios deben ser trasladados a la universidad y aquellos que no se encuentren en un paradero deben ser asignados a uno de ellos.

Para la resolución de este problema se van a aplicar diferentes procedimientos basados en los principios de la programación matemática y procesos heurísticos y metaheurísticos, con el fin de obtener el modelo que responda a las necesidades planteadas en problemas complejos con gran número de parámetros y variables, como es el caso del ruteo de vehículos.

II. OBJETIVOS

Con esta investigación se pretende diseñar un sistema de ruteo de vehículos para la UMNG sede Campus que optimice los costos de transporte y el servicio prestado a la comunidad académica, mediante la aplicación de los principios de la programación matemática y procesos heurísticos y metaheurísticos.

III. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del trabajo de investigación se identificará el sustento teórico del ruteo de vehículos, revisando y analizando la información relevante que permita obtener el panorama general sobre el estado del arte en el que se encuentra la temática de investigación. Para el caso, se realizará una revisión bibliográfica en el tema de ruteo de vehículos para identificar los estudios desarrollados con la variante de múltiples depósitos, así como las técnicas que han sido utilizadas para la solución de este tipo de problemas.

En la etapa de diagnóstico se obtendrán los datos e información necesaria de las variables y parámetros que intervienen en el modelo de ruteo de vehículos. Con esta

Digital Object Identifier: (to be inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

información y con la definición del problema en análisis se procede a diseñar un modelo matemático que concrete todas las relaciones que se presentan dentro del sistema con el medio y que describan la esencia del problema.

Con el modelo que describe el problema es necesario escoger la técnica de solución que permita encontrar los valores de las diferentes variables controlables del sistema para dar solución al problema planteado en un conjunto de ecuaciones

Existen dos alternativas básicas para enfrentar la solución de problemas de optimización: procedimientos basados en los principios de la programación matemática y procedimientos heurísticos y metaheurísticos, fundamentados principalmente en la lógica y la imitación de sistemas.

IV. JUSTIFICACIÓN

En la vida cotidiana existe la necesidad de transportar personas u objetos de un lugar a otro. Dentro de los procesos requeridos para suplir esta necesidad se encuentra el definir las rutas que deben realizar los vehículos. Las decisiones tomadas en la definición de las rutas pueden implicar un gran ahorro o desperdicio de recursos en la labor del transporte, por lo cual, este proceso tiene una gran relevancia en la cadena de abastecimiento.

El transporte de bienes o de personas desempeña un papel importante al ser un elemento central en el desarrollo económico de un país. Hoy en día, el transporte por carretera es el principal medio utilizado por las empresas. La principal ventaja del transporte por carretera se deriva de la utilización de una infraestructura vial universal, donde se puede acceder a cualquier punto desde el origen de la carga sin necesidad de efectuar transbordos, lo que hace que para la distribución nacional sea el sistema más generalizado.

Una adecuada gestión de los problemas de distribución afecta directamente a la competitividad de las empresas. Así, el establecimiento de rutas y horarios para vehículos constituye un conjunto de problemas habituales que no se resuelven de manera óptima y acarrear un deterioro significativo en las utilidades de las empresas. Es necesario tener una adecuada planificación de las actividades de transporte con el fin de aumentar la eficiencia en la utilización de los recursos de transporte, y por tanto, generar beneficios económicos a la compañía.

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

diseño de rutas, es el conocimiento de las particularidades de la situación que se aborda. No es lo mismo realizar rutas de recolección de basura, que rutas de repartición de periódicos o de distribución de alimentos y por tanto, los procedimientos deben ajustarse a las características de cada situación.

Un problema frecuente en la toma de decisiones es reducir los costos de transporte y mejorar el servicio encontrando los mejores caminos que debería seguir un vehículo en una red de carreteras, líneas ferroviarias, de embarque o rutas de navegación aérea que minimicen el tiempo o la distancia.

Teniendo en cuenta el aumento del precio de los combustibles, se hace esencial la disminución de los costos de los procesos logísticos relacionados con el transporte. Dicha disminución puede lograrse, administrando mejor los recursos existentes. Esta alternativa requiere procedimientos especializados como tecnologías que permitan el seguimiento en tiempo real y software para el diseño de rutas de distribución.

V. ESTADO DEL ARTE

El planteamiento inicial del problema de transporte fue hecho por Frank L. Hitchcock en 1941 en su artículo "The Distribution of a Product from Several Sources to Numerous Localities" y posteriormente por B.C. Koopmans en 1951 "A Model of Transportation". La resolución del problema fue iniciada por G. B. Dantzing a partir del método del simplex. Posteriormente se han encontrado algoritmos que resuelven el problema de una manera más rápida y sencilla. El modelo de transporte recibe su nombre porque típicamente se aplica a resolver problemas de distribución de mercancías desde distintos centros de producción a diferentes centros de consumo "En el modelo de transporte hay m orígenes o fuentes, designados $i=1,2,\dots,m$. Estos orígenes deben suplir n destinos, designados $j=1,2,\dots,n$." [2].

Cada origen i tiene una disponibilidad de a_i unidades y cada destino j requiere b_j unidades. El costo de enviar una unidad desde el origen i al destino j es C_{ij} , y se trata de determinar las cantidades a enviar desde cada origen i a cada destino j de forma de minimizar los costos. El número de unidades enviadas de i a j se designa por X_{ij} .

El origen del VRP (Vehicle Routing Problem) data desde el año de 1959 y es introducido por Dantzing y Ramser [3], quienes describieron una aplicación real acerca de la entrega de gasolina a las estaciones de servicio y propusieron la formulación matemática a este problema, el cual surge como una generalización del problema clásico el agente viajero (TSP) en el que un vendedor tiene que recorrer una serie de clientes una sola vez, para luego volver al lugar de partida.

Cinco años después Clarke and Wright propusieron el primer algoritmo que resultó efectivo para resolverlo [4]. Y es así como se da comienzo a grandes investigaciones y trabajos en el área de ruteo de vehículos.

El problema de ruteo de vehículos es un problema que empieza en un almacén o bodega central la cual cuenta con una flota de vehículos y debe atender a un conjunto de clientes dispersos en una zona geográfica. El objetivo del VRP es entregar bienes a este conjunto de clientes con demandas conocidas, al mínimo costo, encontrando las rutas óptimas que se originan y terminan en el almacén. Todos los clientes deben ser atendidos una sola vez, para lo cual se los asigna a los vehículos que llevarán la carga (demanda de los clientes que visitará) sin exceder su capacidad máxima de transporte [5].

Las características de los clientes, depósitos y vehículos, así como diferentes restricciones operativas sobre las rutas, dan lugar a diferentes variantes del problema. En los problemas reales de VRP aparecen muchas restricciones, entre las que cabe citar [6]:

- Cada vehículo tiene una capacidad limitada.
- Cada cliente tiene que ser visitado dentro de una determinada franja horaria (problema VRP con ventanas de tiempo)
- Varios puntos de suministro (problema VRP con múltiples depósitos)
- Los clientes pueden ser atendidos por varios vehículos (problema VRP con suministro dividido)
- Algunas variables del problema son aleatorias, tales como el número de clientes, sus demandas, etc. (problema VRP estocástico)
- Las entregas se deben realizar en determinados días (problema VRP periódico)

Diferentes variaciones del VRP se han propuesto con el ánimo de acercarse a contextos reales del problema; estos problemas incluyen la adición de variables y restricciones. Las diferentes variaciones y restricciones del problema generan una familia de VRP [7], los cuales al compartir características pueden dar lugar a todo un universo de problemas VRP.

V. MARCO TEÓRICO

En general, el transporte es una actividad derivada de otras actividades que tienen lugar en un área geográfica determinada, sea esta un país, una región, una ciudad, un distrito o un barrio. El conjunto de actividades de residencia, producción, consumo, ocio, etc. que se produce en un lugar, denominado sistema de actividades, es el que genera ciertas

necesidades de viajes o demanda por transporte. Esta demanda es satisfecha por el conjunto de vías, vehículos, terminales y por la forma cómo funcionan estos elementos; es decir, por el sistema de transporte. Todo ello se traduce en una interacción entre ambos sistemas (actividades y transporte) que produce un patrón de flujos, constituido por viajes entre diversos orígenes y destinos, en diferentes medios o modos de transporte, por variadas rutas y en distintos períodos que, finalmente, produce un equilibrio entre la demanda y oferta de transporte [8].

Dentro de la gestión del transporte una de las decisiones operativas que debe tomarse casi a diario es el diseño de las rutas con las cuales se atiende la demanda de los clientes finales o intermedios de la cadena. El diseño de rutas eficientes aparece en sectores tan diversos de la economía como por ejemplo, la entrega de periódicos, la recolección de residuos sólidos, el transporte escolar, la distribución de productos de consumo masivo y el mantenimiento especializado.

Las decisiones de enrutamiento pueden optimizarse usando modelos matemáticos comúnmente conocidos como problemas de enrutamiento o de diseño de rutas. Dichos problemas tienen diferentes variantes, según se tenga limitación sobre el número de vehículos que cubrirán las rutas, la distribución de la demanda del servicio, la capacidad de los vehículos, la combinación con otras decisiones, etc. Típicamente, dichos problemas son difíciles de resolver exactamente, ya que pertenecen salvo pocas excepciones a la clase NP [9]. En especial, la complejidad y el tamaño de muchos de los problemas prácticos hacen difícil la utilización de métodos exactos para su solución.

Los elementos principales de este conjunto de problemas son los siguientes [10]:

- La red de transporte
- La flota de vehículos
- Los clientes y/o proveedores
- El depósito central (o depósitos)
- Los servicios a atender (demandas y/o consumos)
- Las rutas solución
- Sistema de Información Geográfica (SIG)

REFERENCIAS

- [1] Anaya, J. J. (2009). El Transporte de Mercancías. Enfoque Logístico de la Distribución. Madrid, España: ESIC Editorial.
- [2] López, R. (1993). Programación Lineal y Decisiones Económicas. Venezuela: Universidad Católica Andrés Bello.
- [3] Dantzing, G., & Ramser, J. (1959). The Truck Dispatching Problem. Management Science.

- [4] Olivera, A. (2004). Heurísticas para Problemas de Ruteo de Vehículos. Montevideo, Uruguay: Instituto de Computación, Facultad de Ingeniería. Universidad de la República.
- [5] Barán, B., & Hermosilla, A. (2001). Comparación de un Sistema de Colonia de Hormigas y una Estrategia Evolutiva para el Problema del Ruteo de Vehículos con Ventanas de Tiempo en un Contexto Multiobjetivo. San Lorenzo, Paraguay: Centro Nacional de Computación, Universidad Nacional de Asunción.
- [6] Toth, P., & Vigo, D. (2002). Vehicle Routing Problem. Philadelphia, USA: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- [7] Medaglia, A. (2005). Combinatoria para Logística., Coloquio en Optimización Combinatoria Sesión Avanzada. Bogotá D.C., Colombia: Universidad de los Andes.
- [8] Manheim, M. (1984). Fundamentals of Transportation Systems Analysis, Volume 1: Basic Concepts. Cambridge, Mass. USA: The MIT Press.
- [9] Lenstra, J., & Rinnooy, A. (1981). Complexity of vehicle routing and scheduling problems. Wiley Periodicals, Inc.
- Ballou, R. H. (2004). Business Logistics: Supply Chain Management. New Jersey: Prentice Hall.