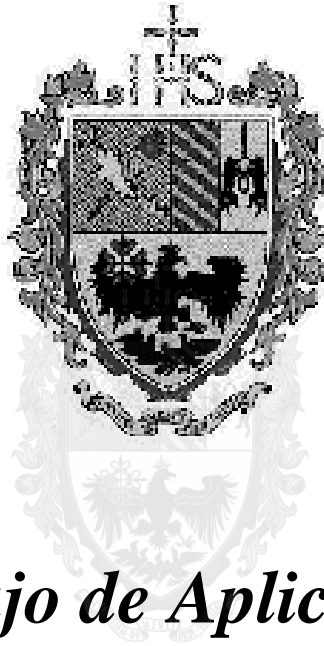


UNIVERSIDAD DEL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ADMINISTRACION

Postgrado en Gestión de Logística Integrada



Trabajo de Aplicación

Optimización de la Red de Distribución de Lácteos mediante la utilización del método Traveling Salesperson Problem (TSP)

Asesor: Ing. Juan Angel Salaverry, MS

Autor: Ing. Deagustini Martín

19/10/10

Sumario Ejecutivo

El presente trabajo aborda la problemática de la empresa láctea “9 de Julio”, para realizar el diseño de su red de distribución. En la actualidad la empresa debe abastecer la demanda de sus clientes, que se encuentran distribuidos a lo largo de toda la provincia de Buenos Aires y Capital Federal, desde su planta ubicada en la ciudad de 9 de Julio.

La importancia de este estudio radica en el rol que cumplen los sistemas de planificación de rutas para la optimización de las redes de distribución. Las causas que nos llevan a querer optimizar una red de distribución son en gran parte el aumento de precios de los combustibles, la creciente competencia, los tiempos de circulación, el riesgo de robo, etc. que provocan que cada vez sea mayor la proporción de los costes de transporte en el costo total unitario de los productos. Por esto la búsqueda de sistemas de planificación más racionales, eficaces y eficientes, puede aportar enormes ventajas competitivas a las empresas.

Este trabajo se focaliza en la optimización de la red de distribución de la empresa láctea “9 de Julio”. Para esto se realizaron diferentes diseños de redes en función a cuatro métodos utilizados para la resolución del problema de Traveling Salesperson Problem (TSP). Los cuatro métodos utilizados para la resolución de este problema son: el método de Barrido, el método de Ahorros, el método de Rover y el método de Ragsdale.

El problema consistió en hallar una ruta de reparto de modo que, partiendo desde la Planta, se visiten todos los clientes una vez cada dos semanas en un recorrido que termine de vuelta en la fábrica de la ciudad de 9 de Julio, con la utilización de 2 vehículos preparados para el transporte de productos lácteos.

Con la aplicación de los diferentes métodos se obtuvieron resultados muy variados yendo desde los 7558 a 5055 kilómetros para completar la distribución de los pedidos en todas las paradas. El método por el cual se alcanzaron los mejores resultados fue el método de Ahorros, el mismo optimiza en forma simultánea las distancias recorridas, secuencia de paradas y contemplando como restricción la capacidad de los vehículos.

En cambio con los otros métodos se alcanzaron valores próximos al resultado del método de Ahorros (5% por encima), con la necesidad de combinar dos métodos para alcanzar estos valores. Como ocurrió con el método de Barrido (no maneja sincronización de paradas) o Rover, que se combinaron con Ragsdale (no contempla restricciones de capacidad).

Se propone para investigaciones futuras evaluar la posibilidad de sistematizar el método de Ahorros para poder realizar rediseños de la red de distribución en función a los requerimientos de la demanda e integrar esta herramienta con otras herramientas y tecnologías existentes, como son los Sistemas de Información Geográfica (GIS) y los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS).

Tabla de contenido

| | |
|--|------------|
| <i>Sumario Ejecutivo</i> | <i>i</i> |
| <i>Tabla de contenido</i> | <i>ii</i> |
| <i>Lista de tablas</i> | <i>iii</i> |
| <i>Lista de Figuras</i> | <i>iv</i> |
| <i>Lista de Figuras</i> | <i>iv</i> |
| I. Antecedentes y definición del problema | 1 |
| Importancia o Beneficios del Estudio | 1 |
| Definición del Problema | 1 |
| Preguntas de investigación..... | 2 |
| Alcance del estudio | 2 |
| II. Revisión Bibliográfica | 3 |
| Introducción | 3 |
| Principios para una buena programación y diseño de rutas | 4 |
| Casos de Exito | 6 |
| Métodos de resolución de Traveling Salesman Problem (TSP)..... | 7 |
| Método “de Barrido”..... | 7 |
| Método “de Ahorros”..... | 8 |
| Método “de Rover” | 10 |
| Método “de Ragsdale” | 12 |
| Conclusiones..... | 15 |
| III. Metodología | 16 |
| Introducción | 16 |
| Estructura y red de distribución actual | 16 |
| Modelización de la nueva red por los cuatro métodos investigados | 21 |
| Método “de Barrido”..... | 21 |
| Método “de Ahorros”..... | 23 |
| Método “de Rover” | 27 |
| Método “de Ragsdale” | 30 |
| IV. Análisis de Datos y Resultado | 31 |
| Introducción..... | 31 |
| Análisis de Datos | 31 |
| Método “de Barrido”..... | 31 |
| Método “de Ahorros” | 35 |
| Método “de Rover” | 36 |
| Método “de Ragsdale” | 38 |
| Análisis de Resultados | 50 |
| V. Conclusiones | 51 |
| Anexos | 52 |
| Anexos A: Listado de Clientes y ubicación | 52 |
| Anexos B: Listado de Clientes y pedidos | 53 |
| Bibliografía | 55 |

Lista de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Entrevista encargado de Planta..... | 17 |
| Tabla 2: Entrevista Distribuidores / Vendedores..... | 18 |
| Tabla 3: Distancia máxima para visitar todas las paradas | 24 |
| Tabla 4: Determinación de la secuencia de paradas para A, B y C..... | 25 |
| Tabla 5: Determinación de la secuencia de paradas para A, B, C y D..... | 25 |
| Tabla 6: Distancia mínima para visitar todas las paradas..... | 26 |
| Tabla 7: Planilla Excel para la resolución del método Rover..... | 29 |
| Tabla 8: Diseño de Rutas para el Barrido 1 | 32 |
| Tabla 9: Resultados del Barrido 1 | 32 |
| Tabla 10: Diseño de Rutas para el Barrido 2..... | 33 |
| Tabla 11: Resultados del Barrido 2 | 33 |
| Tabla 12: Diseño de Rutas para el Barrido 3..... | 34 |
| Tabla 13: Resultados del Barrido 3 | 34 |
| Tabla 14: Diseño de Rutas por el método de Ahorros..... | 35 |
| Tabla 15: Resultados del Método de Ahorros | 35 |
| Tabla 16: Planilla Excel de la solución del método Rover..... | 36 |
| Tabla 17: Diseño de Rutas por el método de Rover | 37 |
| Tabla 18: Resultados del Método de Rover | 37 |
| Tabla 19: Distancias entre paradas para todas las rutas del Barrido 1 | 38 |
| Tabla 20: Diseño de Rutas por el método de Ragsdale para el Barrido 1 | 39 |
| Tabla 21: Diseño de Rutas por método de Ragsdale para el Barrido 1 | 40 |
| Tabla 22: Resultados del Método de Ragsdale para el Barrido 1..... | 40 |
| Tabla 23: Distancias entre paradas para todas las rutas del Barrido 2 | 41 |
| Tabla 24: Diseño de Rutas por el método de Ragsdale para el Barrido 2 | 42 |
| Tabla 25: Diseño de Rutas por método de Ragsdale para el Barrido 2..... | 43 |
| Tabla 26: Resultados del Método de Ragsdale para el Barrido 2..... | 43 |
| Tabla 27: Distancias entre paradas para todas las rutas del Barrido 3 | 44 |
| Tabla 28: Diseño de Rutas por el método de Ragsdale para el Barrido 3 | 45 |
| Tabla 29: Diseño de Rutas por método de Ragsdale para el Barrido 3..... | 46 |
| Tabla 30: Resultados del Método de Ragsdale para el Barrido 3..... | 46 |
| Tabla 31: Distancias entre paradas para todas las rutas del método de Rover | 47 |
| Tabla 32: Diseño de Rutas por el método de Ragsdale para el resultado obtenido por el método de Rover..... | 48 |
| Tabla 33: Diseño de Rutas por método de Ragsdale para el método de Rover..... | 49 |
| Tabla 34: Resultados del Método de Ragsdale para el método de Rover | 49 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Ilustración 1: Agrupación para la asignación de volúmenes de parada a los vehículos... 4 | 4 |
| Ilustración 2: Agrupación de paradas por día de la semana | 4 |
| Ilustración 3: Ejemplos de mala y buena secuencia de paradas | 5 |
| Ilustración 4: Ejemplo de resolución de caso por método “de Barrido” | 8 |
| Ilustración 5: Distancia reducida en viaje mediante consolidación de paradas en una ruta | 9 |
| Ilustración 6: Ejemplos de cálculo de ahorros según ubicación de la parada..... | 9 |
| Ilustración 7: Modelo de hoja de cálculo para TSP..... | 12 |
| Ilustración 8: Resolución del Modelo de Ragsdale | 14 |
| Ilustración 9: Zona A de distribución | 19 |
| Ilustración 10: Zona B de distribución | 20 |
| Ilustración 11: Zona C de distribución | 20 |
| Ilustración 12: Zona D de distribución | 20 |
| Ilustración 13: Localización de la Planta y las Paradas..... | 22 |
| Ilustración 14: Distancia Total de red de distribución por método | 50 |



I. ANTECEDENTES Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

IMPORTANCIA O BENEFICIOS DEL ESTUDIO

Este trabajo le proporcionará a la empresa láctea “9 de Julio” una herramienta de soporte para el diseño de rutas de distribución, disminuyendo sus costos y tiempo de distribución, ayudándole a planificar su producción en función del cronograma de despachos.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La empresa láctea “9 de Julio” situada en la ciudad de 9 de Julio, provincia de Buenos Aires, se encuentra en un proceso de expansión y cambio. Pasando a fines del 2009 de una planta de mozzarellas y quesos que procesaba 90 mil litros de leche por mes trabajando tres turnos, a una planta de tecnología de avanzada que le permitió aumentar el nivel de procesamiento de leche a 120 mil litros mensuales en un solo turno y con posibilidades de incrementar la producción.

Semanalmente la empresa debe suministrar desde su planta ubicada en la ciudad de 9 de Julio la demanda de sus clientes que se encuentran distribuidos en diferentes partes de la provincia de Buenos Aires, el conurbano bonaerense y la Capital Federal, con la utilización de 2 vehículos preparados para el transporte de productos lácteos.

El problema consiste en hallar una ruta de reparto de modo que, partiendo desde la Planta, se visiten todos los clientes una vez cada dos semanas en un recorrido que termine de vuelta en la fábrica de la ciudad de 9 de Julio.

Este problema se identifica como un problema de reparto clásico o 'problema del viajante de comercio' (TSP - Traveling Salesman Problem). Este tipo de problemas son de complejidad NP-completo. Esto es así, porque el número de posibles soluciones crece exponencialmente con el número de nodos del grafo (clientes en este caso), y rápidamente sobrepasa las capacidades de cálculo de los ordenadores más potentes (si n cantidad de puntos por visitar, existen $(n-1)!$ rutas posibles). En nuestro caso nos encontramos con $n=43$ el número de posibles soluciones es aproximadamente de $1,40500611775288E+51$. Se trata por tanto de encontrar dentro de ese conjunto la mejor solución posible (solución óptima) o una solución factible lo suficientemente buena (si no se dispone de tiempo y recursos suficientes).

Además de la complejidad computacional de este problema, debemos enmarcar su resolución en un contexto real. Es decir, en este caso para su resolución será necesaria información sobre la localización geográfica de la planta y de cada uno de sus clientes, la distribución rutas y caminos conectores, los caminos mínimos entre pares de nodos (según una función tiempo, distancia o coste), etc. Esta información está sujeta a la dinámica de la ordenación del tránsito (cambia periódicamente), y puede ser enriquecida con mayor información o mayor nivel de detalle como por ejemplo: información sobre el tráfico, las obras o calles o rutas cortadas, caminos peligrosos, etc.

Nuestro problema es un poco más complejo aun, por razones de distancia y capacidad, es imposible hacer un solo viaje recorriendo todas las ciudades en un solo día. Hay que encontrar una programación que nos permita visitar cada punto una vez cada dos semanas, utilizando o no los dos viajantes y regresando a cargar a la planta en