

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS**

TESIS DE GRADO

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
“MAGÍSTER EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN LOGÍSTICA”**

**TEMA:
“DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN DSS PARA EL
RUTEO DE VEHÍCULOS”**

**AUTOR:
TANIA DENIS CASTRO RUIZ**

**GUAYAQUIL – ECUADOR
2014**

DEDICATORIA

A Dios. A mi familia: mis padres Juan Castro Escudero y Roxana Ruiz de Castro, y mi hermana Ambar.

AGRADECIMIENTOS

A mis profesores por todas sus enseñanzas, en especial a mi Director de Tesis el profesor Carlos Martín. A todos mis amigos por su amistad, consejos y sugerencias.

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en esta TESIS DE MAESTRÍA, me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas (FCNM), Departamento de Matemáticas** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Tania Denis Castro Ruiz

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Doctor Peter Iza
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

M. Sc. Carlos Martín B.
DIRECTOR DE TESIS

M. Sc. Xavier Cabezas
VOCAL DEL TRIBUNAL

AUTOR DE LA TESIS

Tania Denis Castro Ruiz

RESUMEN

Las organizaciones cada vez más están tomando conciencia de la importancia de una buena gestión de su logística, y el enrutamiento de vehículos es una parte importante dentro de esta gran tarea. Con esa motivación, el objetivo principal de esta tesis es desarrollar un sistema de información DSS para el ruteo de vehículos, que además tenga la ventaja de operar en el web, y de ofrecer una interfaz gráfica de usuario muy amigable y fácil de usar.

Actualmente se conoce muchísimo respecto del enrutamiento de vehículos. Existen métodos exactos y métodos inexactos. El inconveniente de los primeros es que a pesar de que proporcionan la solución óptima del problema, cuando el número de puntos a visitar es del orden de las decenas o peor aún, de las centenas o más, la tecnología de los computadores actuales NO permite encontrar la ruta óptima en un tiempo razonable. Por el contrario, los métodos inexactos nos permiten obtener en un tiempo adecuado y viable, sino la solución óptima, una “buena” solución, pero son más complicados de implementar.

Existen muchos tipos de problemas relacionados con el ruteo de vehículos. El problema que se escogió para esta tesis es el CVRP simétrico. Se tienen n puntos distribuidos sobre un plano (por ejemplo ubicaciones en una ciudad). El problema a resolver consiste en determinar el orden en que se deben ir visitando cada uno de los n puntos de forma tal que se pueda minimizar, por ejemplo, la distancia recorrida o el tiempo de viaje.

El objetivo es que el tomador de decisiones de la empresa, por ejemplo un gerente de transporte, pueda administrar de manera óptima el enrutamiento de sus vehículos.

Se desea resolver el problema haciendo uso de heurísticas (algoritmos glotones) y metaheurísticas (algoritmos evolutivos). Una heurística importante a usar será la del “vecino más cercano”. Para las metaheurísticas se desea considerar algoritmos evolutivos, más precisamente, el algoritmo de búsqueda dispersa (scatter search).

La única fuente de datos a la que se va a recurrir es la que proporciona GOOGLE EARTH en cuanto a las coordenadas geográficas de un punto terrestre, es decir, longitud y latitud de un punto cualquiera sobre el planeta tierra. Para medir la distancia entre puntos se usará la “métrica euclidiana” y la conocida “métrica del taxi”, pero previamente se deben transformar las coordenadas geográficas a coordenadas UTM, antes de proceder a calcular la distancia entre dos puntos.

Existen muchas metaheurísticas, entre ellas: el algoritmo genético, la búsqueda tabú, el recocido simulado, GRASP, que pueden utilizarse, junto con heurísticas, para resolver problemas de optimización. “Búsqueda dispersa” es también un método metaheurístico que se puede emplear para resolver problemas de optimización y forma parte de los algoritmos evolutivos. Tiene sus orígenes en los años setenta, pero es en la última década cuando ha sido rediseñado y probado en muchos problemas con un alto grado de dificultad y con excelentes resultados. Esta es la principal razón por la cual se escogió el método de búsqueda dispersa para resolver el problema de transporte antes explicado. Otro objetivo de esta tesis es hacer un estudio profundo de cada una de las etapas de la metaheurística de búsqueda dispersa.

En el primer capítulo se presentan conceptos y definiciones que serán importantes para las cuestiones que se analizan y se discuten en los capítulos posteriores. Luego, en el segundo capítulo, se muestra en primer lugar cómo trabaja en general la metaheurística de búsqueda dispersa cuando intenta resolver un problema de optimización, para posteriormente explicar con todo detalle cómo se ha utilizado la búsqueda dispersa para resolver puntualmente el problema del CVRP simétrico. Se discuten asuntos de diseño e implementación. El tercer capítulo muestra el software, las opciones que presenta al usuario, y experimentos computacionales con datos reales tomados de la ciudad de Guayaquil. Se concluye este documento de tesis con las correspondientes conclusiones y recomendaciones sobre todo el trabajo realizado.

ÍNDICE DE CONTENIDO

<u>CONTENIDO</u>	<u>PÁGINA</u>
Resumen	
1. Conceptos y Fundamentos	1
1.1 Sistema de Información DSS	1
1.2 Sistema de Información Distribuido	2
1.3 Tecnología de la Información y las Comunicaciones	4
1.4 Sistema de Información Logística	5
1.5 El Problema de Ruteo de Vehículos	6
1.6 Heurísticas y Metaheurísticas	12
1.7 Sistemas de Información Web	14
2. Búsqueda Dispersa para el Ruteo de Vehículos	16
2.1 La Metaheurística de Búsqueda Dispersa	16
2.1.1 Construcción del Conjunto <i>P</i>	17
2.1.2 Construcción del Conjunto <i>R</i>	17
2.1.3 Formación de Grupos, Combinación y Selección	18
2.1.4 Actualización del Conjunto <i>R</i>	19
2.1.5 Pseudocódigo de Búsqueda Dispersa	19
2.2 Diseño e Implementación del Algoritmo	21
2.2.1 Coordenadas y Distancias entre Nodos	21
2.2.2 Distancia entre Soluciones Factibles	23
2.2.3 Método de Combinación	25
2.2.4 La Función Objetivo	27
2.2.5 La Búsqueda Local	28
2.2.6 La Heurística del Vecino Más Cercano	30
2.2.7 Método Principal de Búsqueda Dispersa	31
3. Software DSS y Experimentos Computacionales	32
3.1 Inicio del Software	32
3.2 Diseño de la Base de Datos	33
3.3 Administración de Puntos para el Ruteo	35
3.4 Algoritmo Búsqueda Dispersa para el CVRP Simétrico	37
3.5 Configuración de Parámetros	39
3.6 Resultados Computacionales	40
Conclusiones	42
Recomendaciones	44
Referencias Bibliográficas	45

ÍNDICE DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>	<u>PÁGINA</u>
1.1 Esquema Cliente/Servidor Básico	3
1.2 Sistemas de Información Logística	6
1.3 Interacción Web Browser y Web Server	14
2.1 Búsqueda Dispersa	18
2.2 Búsqueda Local	28
3.1 Menú Principal Software DSS	32
3.2 Gestión de Puntos de Ruteo	35
3.3 Ingreso de Puntos de Ruteo	36
3.4 Algoritmo Búsqueda Dispersa CVRP Simétrico	37
3.5 Puntos Escogidos para el Ruteo	38
3.6 Resultados de Ejecución	41