

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
Dedicatoria	I
Agradecimientos	II
Tabla de Contenidos	III
Índice de Figuras	VI
Índice de Tablas	VII
Resumen	IX
Abstract	X
1. Introducción	1
2. Marco Teórico	7
2.1. Problemas de Optimización Combinatoria	7
2.2. Problema de Ruteo de Vehículos	8
2.2.1. Problema de Ruteo de Vehículos con Capacidad	17
2.3. Algoritmos Aproximados	19
2.3.1. Heurísticas	20
2.3.2. Metaheurísticas	22
2.3.2.1. Simulated Annealing	25
2.3.2.2. Búsqueda Local	27
2.3.2.3. Tabu Search	28
2.4. Sistemas Paralelos	31
2.4.1. Tipos de Arquitectura Paralela	32
2.4.2. Modelos de Programación Paralela	35
2.4.2.1. Pthreads	36
2.4.2.2. MPI	38
2.4.3. Métricas de Desempeño	39
2.5. Metaheurísticas Paralelas	41

3. Diseño e Implementación	44
3.1. Diseño e Implementación de la Solución	44
3.1.1. Tabú Search para CVRP	44
3.1.1.1. Estructuras	45
3.1.1.2. Funciones	47
3.1.2. Tabú Search Paralela para CVRP	56
3.1.2.1. Estructuras	57
3.1.2.2. Funciones	58
3.2. Especificaciones de la Implementación	61
3.2.1. Herramientas	61
3.2.1.1. Lenguaje de Programación	61
3.2.1.2. Librerías	61
3.2.1.3. Entorno de Desarrollo Integrado	62
3.2.2. Arquitectura	62
4. Experimentación y Resultados	64
4.1. Diseño Experimental	64
4.1.1. Instancias de Prueba	64
4.1.2. Diseño de los Experimentos	66
4.1.2.1. Instancias Representativas	66
4.1.2.2. Ajuste de Parámetros	66
4.1.2.3. Pruebas	68
4.2. Soluciones del Programa Secuencial	69
4.3. Soluciones del Programa Paralelo	74
4.4. Comparación entre ambas implementaciones	78
5. Conclusiones	83
Bibliografía	87
Anexos	
A. Instancias utilizadas	92
B. Mejores resultados secuenciales	97

C. Mejores resultados paralelos	100
D. Resultados con diferentes números de Threads	103

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
2.1. El Problema de Ruteo de Vehículos.	9
2.2. Algoritmo de una Heurística Constructiva.	21
2.3. Algoritmo de un Método de Mejoramiento Iterativo de Búsqueda Local.	21
2.4. Algoritmo abstracto de una Metaheurística.	24
2.5. Algoritmo de Simulated Annealing (SA).	27
2.6. Algoritmo de Tabu Search (TS).	30
2.7. Arquitectura MIMD con memoria compartida.	34
2.8. Arquitectura MIMD con memoria distribuida.	35
2.9. Ley de Amdahl.	41
3.1. Estructura de la Lista Enlazada.	45
3.2. Representación de una solución en la implementación secuencial.	46
3.3. Estructura de la Lista Tabú.	47
3.4. Pseudocódigo de la Función Main.	48
3.5. Pseudocódigo de la Función Crear Solución Inicial.	50
3.6. Ejemplo del comportamiento de 2-opt.	52
3.7. Ejemplo de la función <i>CrearFirma</i>	52
3.8. Ejemplo del funcionamiento de la etapa de Inserción.	54
3.9. Ejemplo de funcionamiento de la etapa de Cambio.	54
3.10. Representación de una solución en la implementación paralela.	57

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
2.1. Analogía entre un sistema físico y un problema de optimización.	26
2.2. Clasificación tradicional para arquitecturas paralelas de Flynn.	33
3.1. Características del hardware usado en las pruebas secuenciales.	63
3.2. Características del hardware usado en las pruebas paralelas.	63
4.1. Grupo de Instancias Representativas.	66
4.2. Resumen de resultados para el ajuste del criterio de término del ciclo TSP.	67
4.3. Resumen de resultados para el ajuste del criterio de término del ciclo de búsqueda.	68
4.4. Resultados del programa secuencial para el grupo de instancias A. . .	70
4.5. Resultados con diversas soluciones iniciales.	73
4.6. Resultados del programa paralelo para el grupo de instancias A. . . .	75
4.7. Resultados con diversos números de threads para el conjunto A. . . .	77
4.8. Comparación de resultados para el grupo de instancias A.	79
4.9. Comparación de resultados para el grupo de instancias B.	80
4.10. Comparación de resultados para el grupo de instancias E.	81
4.11. Comparación de resultados para el grupo de instancias F.	81
4.12. Comparación de resultados para el grupo de instancias M.	81
4.13. Comparación de resultados para el grupo de instancias P.	82
A.1. Grupo de Instancias A.	93
A.2. Grupo de Instancias B.	94
A.3. Grupo de Instancias E.	95
A.4. Grupo de Instancias F.	95
A.5. Grupo de Instancias M.	95
A.6. Grupo de Instancias P.	96
B.1. Resultados del programa secuencial para el grupo de instancias B. . .	98
B.2. Resultados del programa secuencial para el grupo de instancias E. . .	98
B.3. Resultados del programa secuencial para el grupo de instancias F. . .	99

B.4. Resultados del programa secuencial para el grupo de instancias M. . .	99
B.5. Resultados del programa secuencial para el grupo de instancias P. . .	99
C.1. Resultados del programa paralelo para el grupo de instancias B. . . .	100
C.2. Resultados del programa paralelo para el grupo de instancias E. . . .	101
C.3. Resultados del programa paralelo para el grupo de instancias F. . . .	101
C.4. Resultados del programa paralelo para el grupo de instancias M. . . .	101
C.5. Resultados del programa paralelo para el grupo de instancias P. . . .	102
D.1. Resultados con diversos números de threads para el conjunto B. . . .	103
D.2. Resultados con diversos números de threads para el conjunto E. . . .	104
D.3. Resultados con diversos números de threads para el conjunto F. . . .	104
D.4. Resultados con diversos números de threads para el conjunto M. . . .	104
D.5. Resultados con diversos números de threads para el conjunto P. . . .	104