

ÍNDICE

ÍNDICE.....	viii
Capítulo I:	1
1.1 Descripción del Problema	2
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos	4
1.3 Resultados Esperados y Contribución de la tesis	4
Capítulo II:.....	5
2.1 Definición del Problema de Diseño de Rutas de Vehículos.....	6
2.1.1 Problema de Diseño de Rutas de Vehículos con Capacidad	6
2.1.2 Problema de Diseño de Rutas de Vehículos con Ventanas de Tiempo	8
2.1.3 Problema de Diseño de Rutas de Vehículos con <i>Backhauls</i>	9
2.1.4 Problema de Diseño de Rutas de Vehículos con Entrega y Recolección	9
2.2 Modelos Matemáticos para CVRP	10
2.3 Metaheurísticas	13
2.3.1 Simulated Annealing.....	14
2.3.2 Tabu Search	19
2.4 Optimización Robusta	22
2.4.1 Criterio min-max regret.....	24
2.5 Heurísticas para Problemas MMR-CO.....	25
2.5.1 Heurísticas de Kasperski & Zielinski	26
Capítulo III.	28
3.1. Formulación Matemática	29
3.1.1 Descomposición de Benders aplicada al RVRP	32
3.2 Heurísticas para MMR-CO	33
3.2.1 Aplicación de la heurística de Kasperski & Zielinski	34
3.2.2 Vecindarios para MMR-VRP	35

3.2.3	Aplicación de SA al RVRP	37
3.2.4	Aplicación de TS al RVRP	39
Capítulo IV.	41
4.1.	Elección de las Instancias	42
4.2	Resolución Exacta.....	44
4.3	Resolución Heurística.....	48
4.4	Resolución de Metaheurística	49
Conclusiones	52
Bibliografía.....	55
Anexos.....	58
A.1.	Resultados Exactos.....	59
A.2.	Resultados de las heurísticas de Kasperski & Zielinski	70
A.3.	Resultados obtenidos para SA.....	80
A.4.	Resultados obtenidos para TS	90

Tablas de Ilustraciones

Ilustración 1: Ruta que se genera con la Búsqueda Local.....	15
Ilustración 2: Problema con óptimos locales en la Búsqueda Local.....	16
Ilustración 3: Mejora de SA en comparación con Búsqueda Local	17
Ilustración 4: Funcionamiento del ciclo interno de TS	21
Ilustración 5: Ejemplo del funcionamiento del algoritmo intercambio de cadenas.....	37
Ilustración 6: Ejemplo de funcionamiento del algoritmo 2-opt.....	38
Ilustración 7: Gráfico de cotas obtenidas en cada iteración.....	50
Ilustración 8: Gráfico de cotas obtenidas en cada iteración (continuación).....	51

Algoritmos

Algoritmo 1: Búsqueda Local	15
Algoritmo 2: Simulated Annealing	17
Algoritmo 3: Básico de TS	20
Algoritmo 4: Mejorado de Tabu Search.....	22
Algoritmo 5: Heurística HU aplicada al RVRP	34
Algoritmo 6: Heurística HM aplicada al RVRP.....	35
Algoritmo 7: Heurística HMU aplicada al RVRP	35
Algoritmo 8: Generador de escenarios robustos.	43
Algoritmo 9: Descomposición de Benders para MMR-VRP	46

(2.1).....	7
(2.2).....	11
(2.3).....	11
(2.4).....	11
(2.5).....	11
(2.6).....	11
(2.7).....	11
(2.8).....	11
(2.9).....	11
(2.10).....	12
(2.11).....	12
(2.12).....	12
(2.13).....	12
(2.14).....	12
(2.15).....	12
(2.16).....	12
(2.17).....	13
(2.18).....	13
(2.19).....	13
(2.20).....	13
(2.21).....	13
(2.22).....	13
(2.23).....	13
(2.24).....	13
(2.25).....	25
(3.1).....	29
(3.2).....	30
(3.3).....	30
(3.4).....	30
(3.5).....	30
(3.6).....	30
(3.7).....	31
(3.8).....	31
(3.9).....	31
(3.10).....	31
(3.11).....	31
(3.12).....	31
(3.13).....	31
(3.14).....	31
(3.15).....	31
(3.16).....	33
(3.17).....	33
(3.18).....	33

Tablas Anexas

Tabla Anexo 1: Arrepentimientos y tiempos obtenidos al resolver cada una de las	60
Tabla Anexo 2: Arrepentimientos y tiempos obtenidos al resolver cada una de las instancias E-n22-k4	61
Tabla Anexo 3: Arrepentimientos y tiempos obtenidos al resolver cada una de las instancias gr-n17-k3	62
Tabla Anexo 4: Arrepentimientos y tiempos obtenidos al resolver cada una de las instancias gr-n21-k3	63
Tabla Anexo 5: Arrepentimientos y tiempos obtenidos al resolver cada una de las instancias P-n16-k8	64
Tabla Anexo 6: Arrepentimientos y tiempos obtenidos al resolver cada una de las instancias P-n19-k2	65
Tabla Anexo 7: Arrepentimientos y tiempos obtenidos al resolver cada una de las instancias P-n20-k2	66
Tabla Anexo 8: Arrepentimientos y tiempos obtenidos al resolver cada una de las instancias P-n21-k2	67
Tabla Anexo 9: Arrepentimientos y tiempos obtenidos al resolver cada una de las instancias P-n22-k2	68
Tabla Anexo 10: Arrepentimientos y tiempos obtenidos al resolver cada una de las instancias ulysses-n16-k3	69
Tabla Anexo 11: Valores de regrets, tiempos y GAPs obtenidos por las heurísticas de Kasperski & Zielinski para los problemas E-n13-k4	70
Tabla Anexo 12: Valores de regrets, tiempos y GAPs obtenidos por las heurísticas de Kasperski & Zielinski para los problemas E-n22-k4	71
Tabla Anexo 13: Valores de regrets, tiempos y GAPs obtenidos por las heurísticas de Kasperski & Zielinski para los problemas gr-n17-k3	72
Tabla Anexo 14: Valores de regrets, tiempos y GAPs obtenidos por las heurísticas de Kasperski & Zielinski para los problemas gr-n21-k3	73
Tabla Anexo 15: Valores de regrets, tiempos y GAPs obtenidos por las heurísticas de Kasperski & Zielinski para los problemas P-n16-k8	74
Tabla Anexo 16: Valores de regrets, tiempos y GAPs obtenidos por las heurísticas de Kasperski & Zielinski para los problemas P-n19-k2	75
Tabla Anexo 17: Valores de regrets, tiempos y GAPs obtenidos por las heurísticas de Kasperski & Zielinski para los problemas P-n20-k2	76
Tabla Anexo 18: Valores de regrets, tiempos y GAPs obtenidos por las heurísticas de Kasperski & Zielinski para los problemas P-n21-k2	77
Tabla Anexo 19: Valores de regrets, tiempos y GAPs obtenidos por las heurísticas de Kasperski & Zielinski para los problemas P-n22-k2	78
Tabla Anexo 20: Valores de regrets, tiempos y GAPs obtenidos por las heurísticas de Kasperski & Zielinski para los problemas ulysses-n16-k3	79
Tabla Anexo 21: Resultados correspondientes al problema E-n13-k4-p0.9-n0.rvrp	81
Tabla Anexo 22: Resultados correspondientes al problema E-n13-k4-p0.9-n1.rvrp-p0.9-n0.rvrp	82
Tabla Anexo 23: Resultados correspondientes al problema E-n13-k4-p0.9-n1.rvrp-p0.9-n0.rvrp	83
Tabla Anexo 24: Resultados correspondientes al problema E-n13-k4-p0.5-n1.rvrp	84
Tabla Anexo 25: Resultados correspondientes al problema E-n13-k4-p0.5-n1.rvrp	85
Tabla Anexo 26: Resultados correspondientes al problema E-n13-k4-p0.5-n1.rvrp	86
Tabla Anexo 27: Resultados correspondientes al problema P-n20-k2-p0.75-n2.rvrp	87
Tabla Anexo 28: Resultados correspondientes al problema E-n13-k4-p0.5-n1.rvrp	88
Tabla Anexo 29: Resultados correspondientes al problema P-n20-k2-p0.75-n2.rvrp	89