

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Antecedentes</b>	<b>4</b>
2.1. Antecedentes del VRP . . . . .	4
2.2. Antecedentes de grafos . . . . .	5
<b>3. Clusterización para balanceo de tiempo</b>	<b>9</b>
3.1. Consideraciones del problema . . . . .	9
3.2. Algoritmo de Clusterización . . . . .	10
3.2.1. Función Objetivo . . . . .	12
3.2.1.1. Aproximación Tiempo En Ruta CVRP . . . . .	13
3.2.1.2. Aproximación Tiempo En Ruta VRPTW . . . . .	14
3.2.2. Factibilidad De Los Movimientos . . . . .	16
3.2.3. MST dinámico y complejidad del algoritmo . . . . .	17
3.2.4. Factibilizadores y el algoritmo completo . . . . .	23
<b>4. Minimum Spanning Tree y k Nearest Neighbour Graph</b>	<b>25</b>
4.1. k Nearest Neighbour Graph . . . . .	28
4.1.1. Contexto determinista . . . . .	28
4.1.2. Contexto probabilista . . . . .	31
4.1.2.1. Resultados Teóricos . . . . .	31
4.1.2.2. Simulaciones . . . . .	43
4.2. Aplicaciones . . . . .	45
<b>5. Resultados numéricos</b>	<b>47</b>
5.1. Instancias Utilizadas . . . . .	47
5.2. Sobre los experimentos . . . . .	47
5.3. Aproximación tiempo en ruta . . . . .	48
5.3.1. CVRP . . . . .	48
5.3.2. VRPTW . . . . .	48
5.4. Experimentos Numéricos sobre restricción de aristas . . . . .	49
5.4.1. CVRP . . . . .	50
5.4.2. VRPTW . . . . .	52
5.5. Experimentos Numéricos Optimización VRP . . . . .	53
5.5.1. CVRP . . . . .	53
5.5.2. VRPTW . . . . .	57
5.6. Conclusiones de la heurística . . . . .	61

<b>6. Conclusiones</b>	<b>62</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>63</b>
<b>Anexos</b>	<b>67</b>
A. Demostraciones Capitulo 3 . . . . .	68
A.1. Demostración Proposición 3.1 . . . . .	68
A.2. Demostración Proposición 3.2 . . . . .	76
B. Feasibles . . . . .	83
B.1. Relocate . . . . .	83
B.2. Exchange . . . . .	85
B.3. Capacity Strict Feasibles . . . . .	87
B.4. TimeWindow Strict Feasibles . . . . .	88
C. Demostraciones Capitulo 4 . . . . .	90
C.1. Demostración Proposición 4.6 . . . . .	90
D. Función Objetivo y Tiempos De Ejecución . . . . .	94
D.1. CVRP . . . . .	94
D.2. VRPTW . . . . .	95