

# Tabla de Contenido

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Introducción</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1. Motivación . . . . .  | 1         |
| 1.2. Antecedentes de la empresa y del mercado . . . . .              | 1         |
| 1.3. Descripción del problema . . . . .                              | 3         |
| 1.4. Objetivos . . . . .   | 3         |
| 1.5. Resultados esperados . . . . .                                  | 3         |
| <b>2. Marco teórico</b>  | <b>5</b>  |
| 2.1. Nomenclatura . . . . .  | 5         |
| 2.2. Algoritmos de optimización . . . . .                            | 5         |
| 2.3. Problemas de corte y empaquetado . . . . .                      | 6         |
| 2.4. Técnicas de optimización . . . . .                              | 9         |
| 2.4.1. Técnicas numerativas . . . . .                                | 9         |
| 2.4.2. Descomposición y relajación Lagrangiana . . . . .             | 9         |
| 2.4.3. Algoritmos basados en planos de corte . . . . .               | 10        |
| 2.4.4. Búsqueda tabú (TS) . . . . .                                  | 10        |
| 2.4.5. Recocido simulado . . . . .                                   | 10        |
| 2.4.6. Algoritmos genéticos . . . . .                                | 11        |
| 2.4.7. Algoritmo A* de memoria acotada (MBA*) . . . . .              | 12        |
| 2.5. Otros software de optimización . . . . .                        | 13        |
| 2.5.1. Magic Logic . . . . .   | 13        |
| 2.5.2. Alpacku . . . . .   | 13        |
| 2.5.3. TMachines . . . . .   | 13        |
| 2.5.4. Real Cut 1D . . . . .   | 14        |
| 2.5.5. OptiCutter . . . . .  | 14        |
| 2.5.6. CutMaster 2D . . . . .  | 14        |
| 2.5.7. NestandCut . . . . .  | 14        |
| <b>3. Metodología</b>  | <b>15</b> |
| 3.1. Comprender . . . . .  | 15        |
| 3.2. Experimentar . . . . .  | 16        |
| 3.3. Definir . . . . .   | 16        |
| 3.4. Construir . . . . .   | 16        |
| 3.5. Desarrollar . . . . .   | 17        |
| 3.6. Evaluar . . . . .   | 17        |
| <b>4. Comprender cuantitativamente a 1D Solutions y sus clientes</b> | <b>18</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>5. Experimentación con usuarios y definición del prototipo</b>                     | <b>23</b> |
| 5.1. Alternativas del prototipo . . . . .   | 23        |
| 5.2. Experimentación con prototipos de baja resolución . . . . .                      | 24        |
| 5.2.1. Discusión de resultados de experimentación . . . . .                           | 30        |
| 5.3. Definición del prototipo . . . . .   | 30        |
| <b>6. Construcción del prototipo</b>  | <b>31</b> |
| 6.1. Recursos de optimización para el prototipo . . . . .                             | 31        |
| 6.1.1. Packing solver . . . . .   | 31        |
| 6.1.2. Genetic solver . . . . .   | 32        |
| 6.1.3. Comparación de los recursos de optimización . . . . .                          | 32        |
| 6.1.3.1. Discusión de resultados . . . . .  | 35        |
| 6.2. Evaluación de herramientas de desarrollo . . . . .                               | 36        |
| 6.3. Inicialización del proyecto en Django y creación de pantalla principal . . . . . | 36        |
| 6.4. Ejecutar optimizadores desde Django . . . . .                                    | 37        |
| 6.5. Subir archivos CSV . . . . .   | 37        |
| 6.6. Homologar lectura de CSV . . . . .   | 38        |
| 6.7. Ejecutar optimización desde <i>frontend</i> . . . . .                            | 38        |
| 6.8. Gestión de usuarios . . . . .  | 39        |
| 6.9. Ingreso manual de datos . . . . .  | 40        |
| 6.10. Listar archivos de usuario . . . . .  | 41        |
| 6.11. Visualización de resultados . . . . .   | 42        |
| 6.12. Solución demo . . . . .   | 43        |
| 6.13. Redefinición de alcances del prototipo . . . . .                                | 44        |
| <b>7. Desarrollo del método de optimización inteligente</b>                           | <b>45</b> |
| 7.1. Objective function . . . . .   | 46        |
| 7.2. Opciones . . . . .   | 48        |
| 7.3. Esquema de ramificación . . . . .  | 48        |
| 7.4. Algoritmos . . . . .   | 51        |
| 7.4.1. $A^*$ . . . . .  | 51        |
| 7.4.2. DFS . . . . .  | 53        |
| 7.4.3. DPA* . . . . .   | 54        |
| 7.4.4. IBS . . . . .  | 54        |
| 7.4.5. IMBA* . . . . .  | 54        |
| 7.4.6. Conclusión . . . . .   | 54        |
| 7.5. Compilación para VBPP . . . . .  | 55        |
| 7.6. Identificación de características en archivos CSV . . . . .                      | 55        |
| 7.7. Ejecución del método de optimización inteligente . . . . .                       | 56        |
| <b>8. Evaluación del prototipo</b>  | <b>59</b> |
| 8.1. Cuadros comparativos de resultados de optimización . . . . .                     | 59        |
| 8.1.1. Comparación <i>bin packing problem</i> . . . . .                               | 59        |
| 8.1.1.1. Discusión de resultados . . . . .  | 61        |
| 8.1.2. Comparación <i>variable sized bin packing problem</i> . . . . .                | 61        |
| 8.1.2.1. Discusión de resultados . . . . .  | 62        |
| 8.1.3. Comparación <i>strip packing problem</i> . . . . .                             | 63        |
| 8.1.3.1. Discusión de resultados . . . . .  | 64        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 8.1.4.    | Comparación <i>knapsack problem</i> . . . . .                       | 64        |
| 8.2.      | Cuadros comparativos de características y funcionalidades . . . . . | 65        |
| 8.2.1.    | Comparación de importación . . . . .                                | 65        |
| 8.2.2.    | Comparación de exportación . . . . .                                | 66        |
| 8.2.3.    | Comparación de configuraciones y parámetros . . . . .               | 66        |
| 8.2.4.    | Comparación de propiedades de optimización . . . . .                | 67        |
| 8.2.5.    | Comparación de otras características . . . . .                      | 67        |
| 8.2.6.    | Discusión de resultados . . . . .                                   | 67        |
| 8.3.      | Evaluación de características críticas . . . . .                    | 68        |
| 8.3.1.    | Archivos de entrada . . . . .                                       | 68        |
| 8.3.2.    | Proceso de importación . . . . .                                    | 69        |
| 8.3.3.    | Variantes del problema de optimización . . . . .                    | 69        |
| 8.3.4.    | Velocidad de optimización . . . . .                                 | 69        |
| 8.3.5.    | Visualización de resultados . . . . .                               | 69        |
| 8.3.6.    | Cuadro de evaluación . . . . .                                      | 70        |
| 8.3.7.    | Discusión de resultados . . . . .                                   | 70        |
| 8.4.      | Experiencia de usuario . . . . .                                    | 70        |
| 8.4.1.    | Gonzalo Olave Wolff . . . . .                                       | 71        |
| 8.4.2.    | Victor Contreras Rojas . . . . .                                    | 72        |
| <b>9.</b> | <b>Conclusiones</b>   | <b>74</b> |
| 9.1.      | Trabajo a futuro . . . . .  | 75        |
| 9.1.1.    | Paso a producción . . . . .   | 76        |
|           | <b>Bibliografía</b>   | <b>78</b> |