

Índice de contenidos

1. Contexto y antecedentes de las terminales portuarias	11
1.1. Evolución del transporte marítimo	12
1.2. Clasificación de las mercancías manejadas en los puertos	14
1.2.1. Gráneles líquidos	14
1.2.2. Gráneles secos	14
1.2.3. Mercancía general.....	15
2. Conceptos básicos de las terminales de contenedores	16
2.1. Principales tipos de terminales de contenedores	16
2.1.1. Terminal de contenedores portuaria	16
2.1.2. Puerto seco.....	18
2.1.3. Principales servicios ofrecidos por una terminal de contenedores...	18
2.2. El contenedor y sus principales tipos.	20
2.3. Buques portacontenedores	22
2.4. Infraestructura y equipos de manipulación de una terminal portuaria de contenedores	23
2.4.1. Grúa pórtico	24
2.4.2. Grúas polivalentes	25
2.4.3. Grúas pórtico de almacenamiento	25
2.4.4. Carretilla pórtico	26
2.4.5. Equipos de manipulación frontal.....	27
2.4.6. Camiones con plataformas	27
2.4.7. Vehículos Auto-guiados.....	28
3. Clasificación de los sub-sistemas de una terminal de contenedores marítima	30

3.1.	Notación	31
3.2.	Operativa de buque “ <i>The ship planning process</i> ”	33
3.2.1.	Asignación de muelle “ <i>Berth allocation</i> ”	33
3.2.2.	Planificación de Estiba en el buque o Plan maestro de muelle “ <i>Stowage planning Problem / MBPP – Master Bay Planning Problem</i> ”	40
3.2.3.	Problema de programación de grúas de muelle “ <i>The Quay Crane Scheduling Problem/The Crane Split</i> ”	49
3.3.	Operativa de almacenaje y apilado “ <i>Storage and Stacking logistics</i> ”	57
3.3.1.	Localización de contenedores en la zona de almacenamiento “ <i>The Yard Allocation Problem</i> ”	57
3.3.2.	Relocalización de contenedores “ <i>The container pre-marshalling problem</i> ”	62
3.4.	Operativa de transferencia “ <i>Transport optimization</i> ”	73
3.4.1.	Optimización del transporte en muelles “ <i>The quayside transport</i> ” ..	73
3.4.2.	Optimización del transporte terrestre “ <i>The landside transport</i> ”	80
3.4.3.	Optimización/programación de las grúas “ <i>The yard crane scheduling problem</i> ”	85
4.	Modelos de simulación y optimización integrados para la asignación de muelles	93
4.1.	La optimización por simulación como herramienta de gestión	94
4.2.	Caso de estudio	96
4.2.1.	Escenario de simulación	97
4.2.2.	Datos de entrada	99
4.3.	Modelo matemático	101
4.4.	Modelo de simulación	104
4.4.1.	Llegada de camiones	105
4.4.2.	Llegada de buques	106

4.4.3.	Sistema para la asignación de muelles	107
4.4.4.	Remolque de buques.....	107
4.4.5.	Operación de descarga y carga en los muelles	109
4.4.6.	Nuevo sistema para la asignación de muelles.....	110
4.5.	Algoritmo genético	111
4.5.1.	Individuo.....	112
4.5.2.	Población.....	113
4.5.3.	Función de aptitud	115
4.5.4.	Operadores genéticos	117
4.5.5.	Estructura del algoritmo genético	119
4.6.	Resultados.....	129
5.	Conclusiones	136
	Referencias	138

Índice de figuras

Figura 1. Layout de una terminal marítima de contenedores portuaria	17
Figura 2. Puerto seco	18
Figura 3 Principales tipos de contenedores	21
Figura 4. Evolución en la capacidad de los portacontenedores	23
Figura 5. Grúa Pórtico de Muelle	24
Figura 6. Grúa pórtico de muelle polivalente	25
Figura 7. Grúa pórtico de almacenamiento	26
Figura 8. Carretilla pórtico	26
Figura 9. Equipos de manipulación Frontal.....	27
Figura 10 Camiones con plataformas.....	28
Figura 11 Vehículo Auto-guiado AGV.....	28
Figura 12. Capacidad de los equipos de manipulación utilizados en las TCP	29
Figura 13 Operativas de una terminal de contenedores portuaria	31
Figura 14. Solución admisible del BAP.....	36
Figura 15 Sistema de división de un buque portacontenedores	42
Figura 16. Grúas pórtico de muelle en operación	50
Figura 17. Ilustración de una posible solución	64
Figura 18. Relocalización de contendores.....	72
Figura 19. Terminal de contenedores automatizada	75
Figura 20. Operativa de carga y descarga de buque.....	76
Figura 21. Localización de los contenedores a movilizar dentro de la terminal	82
Figura 22. Diseño parcial de la zona de almacenamiento.....	87
Figura 23 Operativa gestionada	93

Figura 24 Métodos de optimización por simulación	95
Figura 25 Futura apariencia del puerto de Sevilla. Proyecto de desarrollo	96
Figura 26 Escenario de simulación	98
Figura 27 Diagrama de ciclo de actividades	99
Figura 28 Módulos de llegada de camiones	105
Figura 29 Intervalos de tiempo entre las llegadas de los buques	106
Figura 30. Módulo de llegada de buques	106
Figura 31. Módulos de asignación de Muelle	107
Figura 32 Módulos de remolque de buques	108
Figura 33. Módulo de operaciones de descarga y carga en el muelle	110
Figura 34 Modulo para la asignación de muelles con VBA	111
Figura 35 Estructura de un individuo	112
Figura 36 Estructura de población	113
Figura 37 Estructura de la matriz aptitud	116
Figura 38 Estructura de la heurística utilizada.....	120
Figura 39 Tiempos de operación Muelle 1	132
Figura 40 Tiempos de operación Muelle 2	132
Figura 41 Tiempo de espera.....	133
Figura 42 Comparación del tiempo de servicio en los sistemas	134
Figura 43 Porcentaje de buques según el tiempo de servicio	135

Índice de tablas

Tabla 1 Tamaño de los contenedores	21
Tabla 2 Evolución de las grúas pórtico	24
Tabla 3 Clasificación de las referencias que trabajan la asignación de muelles	39
Tabla 4 Clasificación de las referencias que trabajan el plan de estiba	49
Tabla 5 Clasificación de las referencias que trabajan la programación de grúas pórtico	56
Tabla 6 Clasificación de los trabajos sobre la localización de contenedores en la ZA	62
Tabla 7 Clasificación de los trabajos enfocados a la relocalización de contenedores en las TCP	72
Tabla 8 Clasificación de los trabajos enfocados a la optimización del transporte en los muelles	80
Tabla 9 Clasificación de los trabajos enfocados en la optimización del transporte terrestre.....	85
Tabla 10 Clasificación de los trabajos enfocados a la programación y optimización de las grúas de explanada	92
Tabla 11 Softwares de optimización para plataformas de simulación	95
Tabla 12 Trafico del puerto de Sevilla en febrero de 2009.....	100
Tabla 13 Infraestructura de la terminal de contenedores del Puerto de Sevilla ..	100
Tabla 14 Flujo de de buques y contenedores por simulación.....	130
Tabla 15 Tiempos de operación y espera en horas.....	131
Tabla 16 Buques reasignados.....	133
Tabla 17 Tiempo de servicio	134