

Heurísticas para la secuenciación de los movimientos de la grúa en una terminal de contenedores



Fulgencia Villa, Eva Vallada, Ramón Álvarez-Valdés, Jose Manuel Belenguer

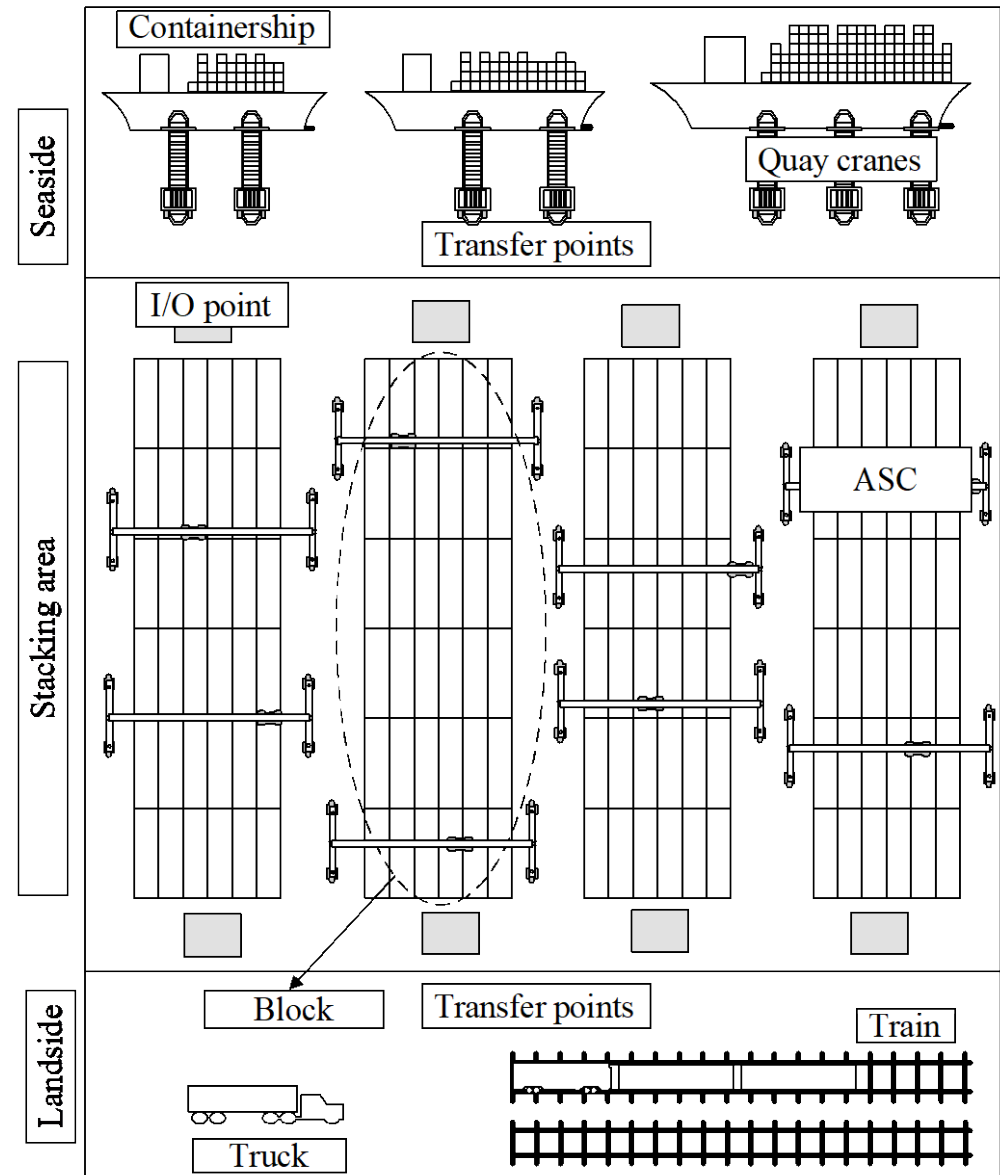
1. Introducción
2. Características del Patio
3. Descripción del problema
4. Algoritmos
5. Generación de instancias
6. Resultados
7. Trabajo futuro

1. INTRODUCCIÓN: Smart Ports

Puertos del futuro:

- ✓ Usar tecnologías para transformar los distintos servicios públicos de los enclaves portuarios en servicios interactivos
- ✓ Satisfacer necesidades con mayor eficiencia, transparencia y valor

- **Eficiencia**
- **Aprovechamiento de recursos**



1. INTRODUCCIÓN: Smart Ports

Puertos del futuro:

- ✓ Usar tecnologías para transformar los distintos servicios públicos de los enclaves portuarios en servicios interactivos
- ✓ Satisfacer necesidades con mayor eficiencia, transparencia y valor

Emisiones en el transporte marítimo



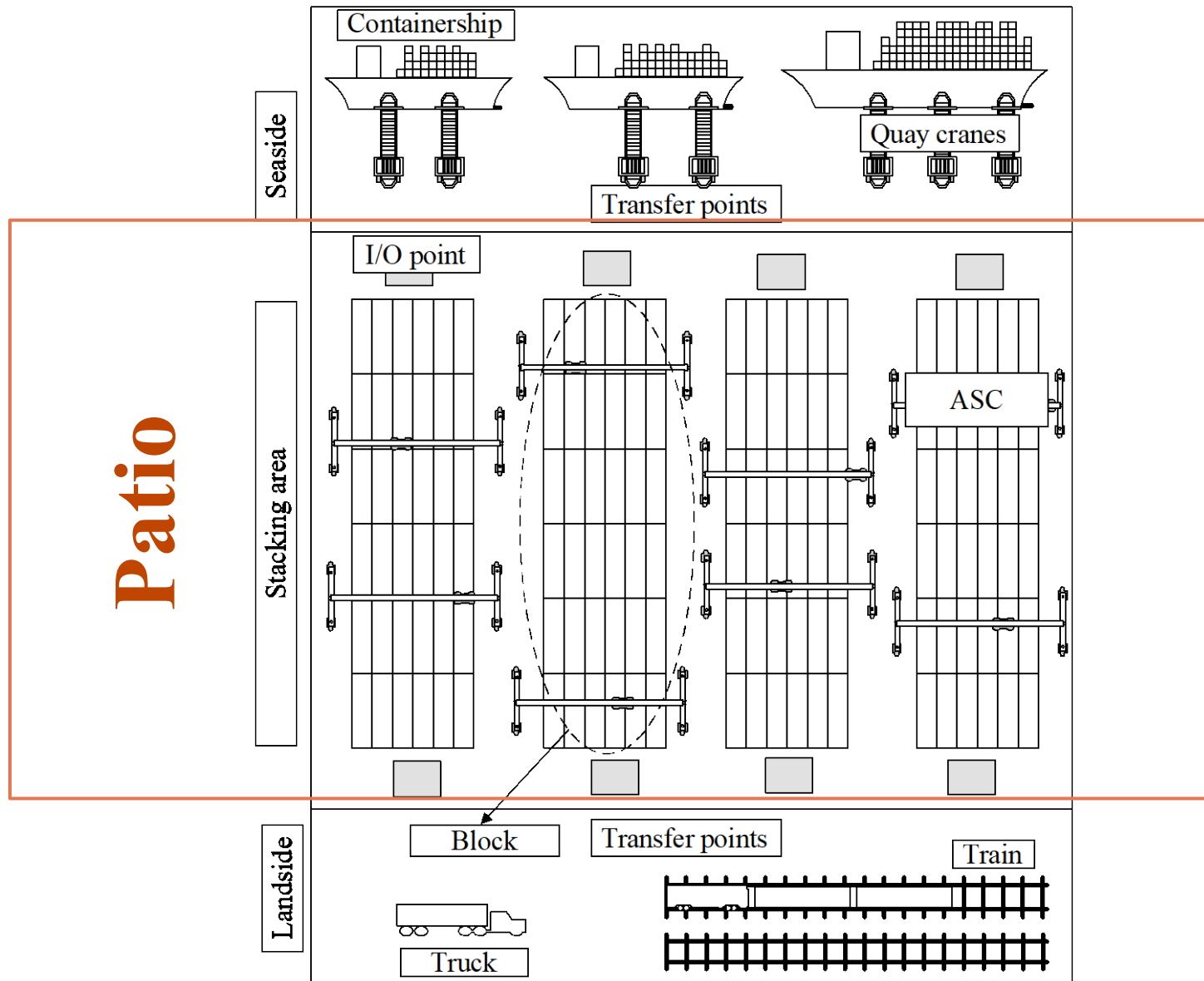
- **Eficiencia**
- **Aprovechamiento de recursos**
- **Mejorar Salud**



50 M coches

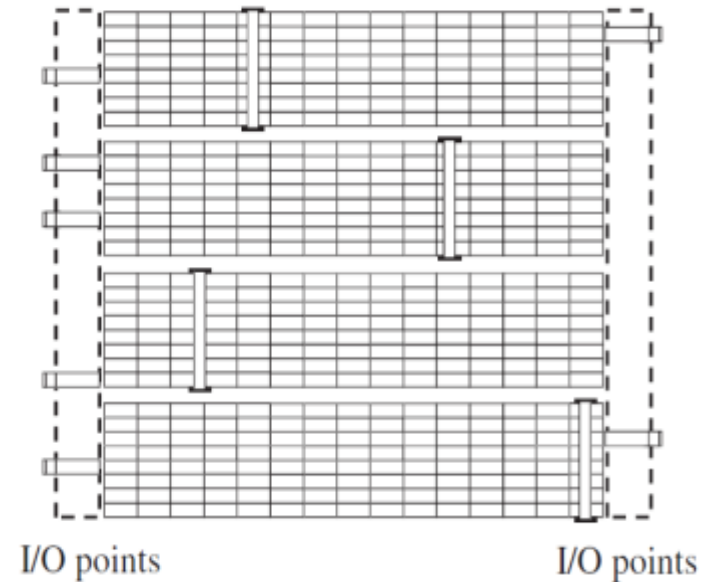
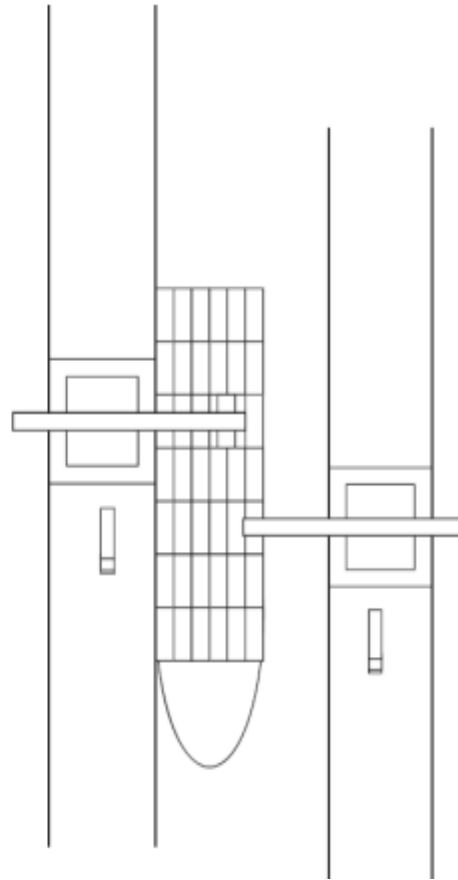
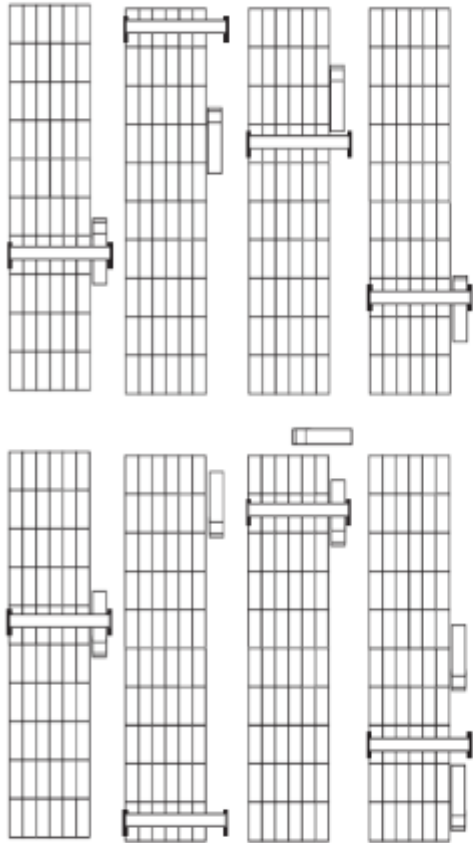
Un gran portacontenedor quemando combustible que contiene un 3% de azufre emite el mismo SO_x que 50 millones de coches utilizando combustible diésel

1. INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

Configuración del patio de contenedores



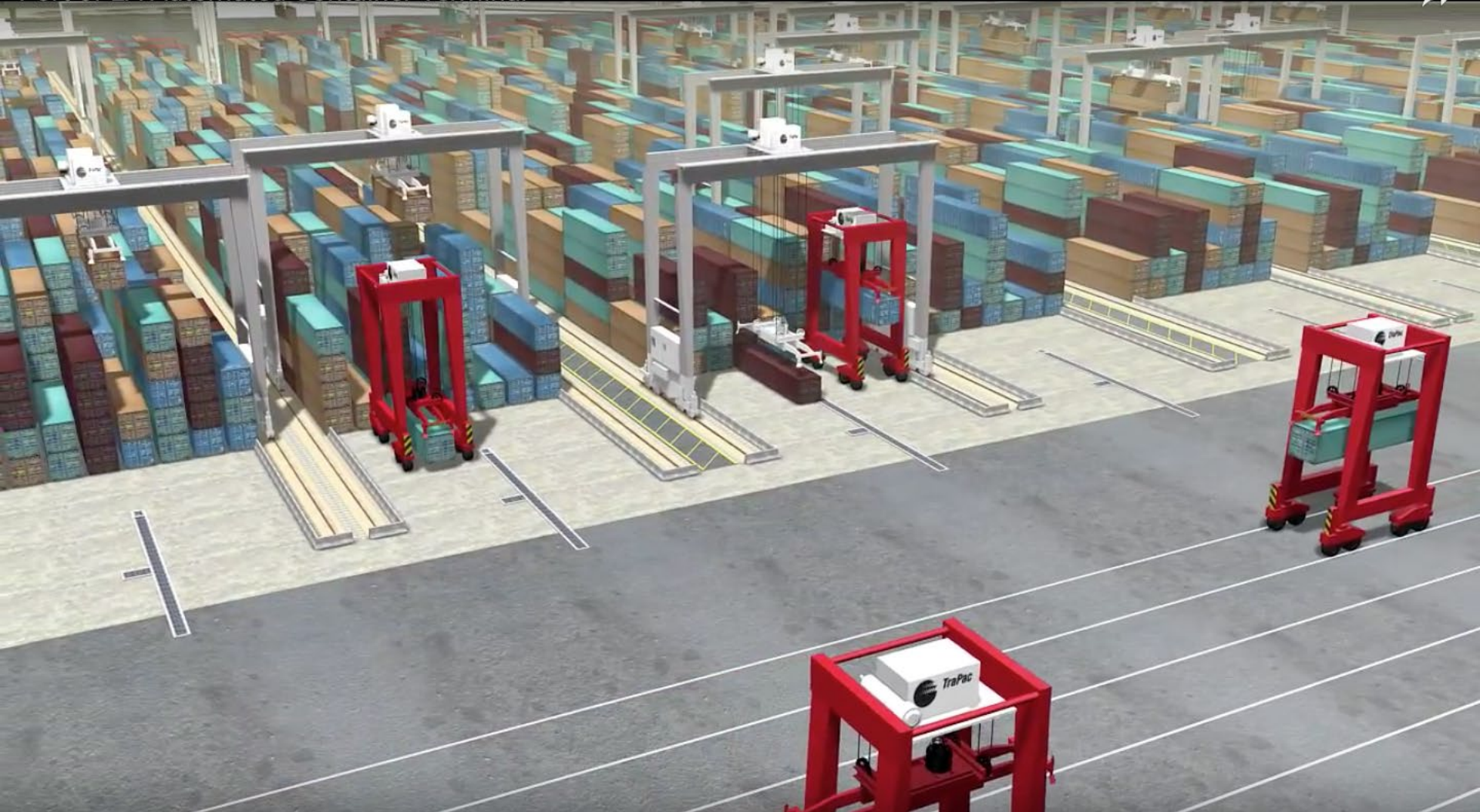
Asiático

Europeo

2. Características del Patio



2. Características del Patio: I/O Sea

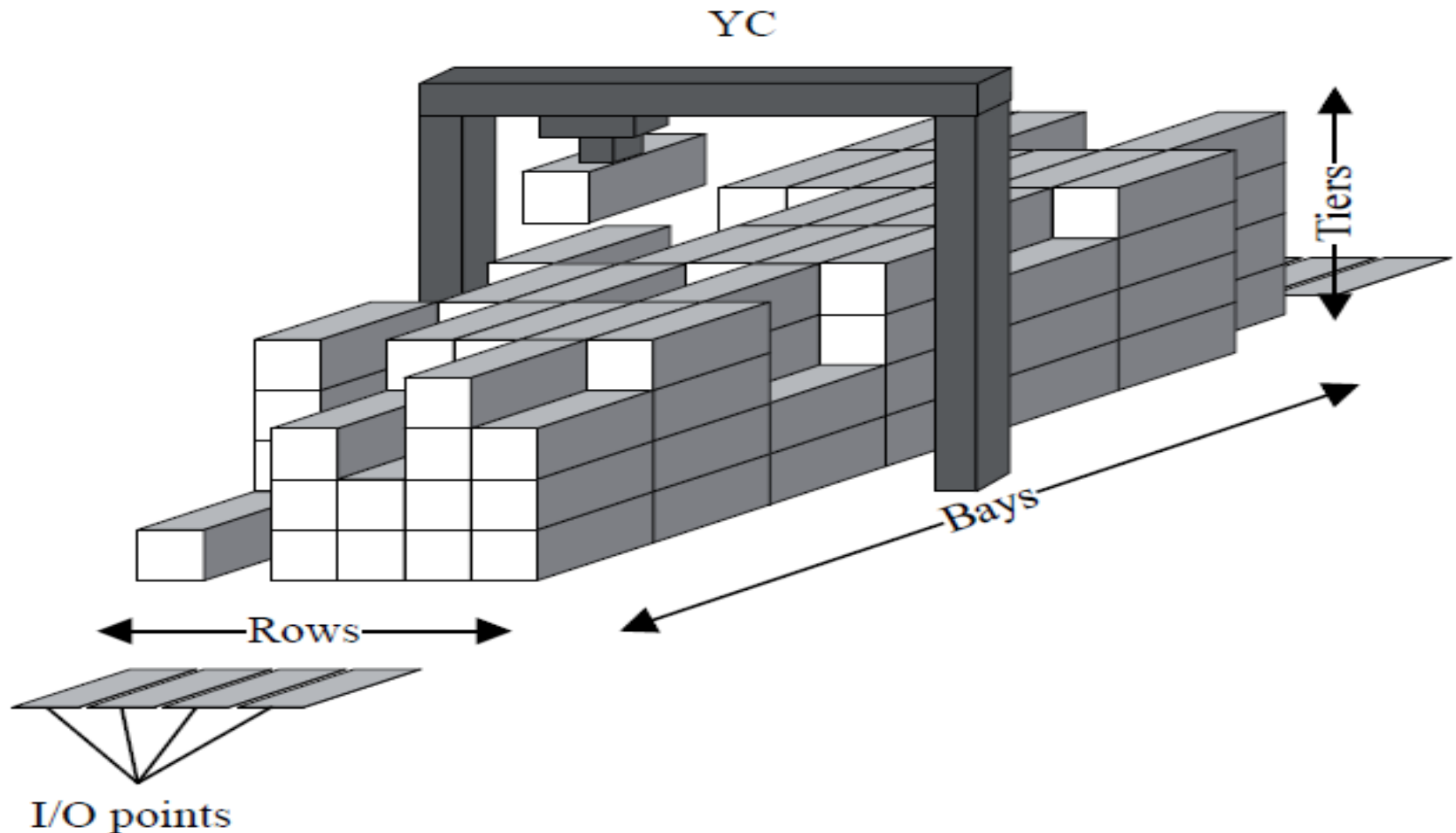


2. Características del Patio: I/O Land



2. Características del Patio

Estructura de un bloque contenedores




2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Lista de Peticiones: PLAN DE CARGA/DESCARGA



TIPOS DE OPERACIONES CON CONTENEDORES

- 
- A brown clipboard with a silver clip at the top, containing a list of four container operation types.
- ✓ TIPO 1: Almacenar desde el mar
 - ✓ TIPO 2: Almacenar desde tierra
 - ✓ TIPO 3: Salir hacia el mar
 - ✓ TIPO 4: Salir hacia tierra

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

➤ Satisfacer la Lista de Peticiones

Decisión:

- Secuenciación de los movimientos de la grúa de patio
- Asignar un I/O a cada contenedor

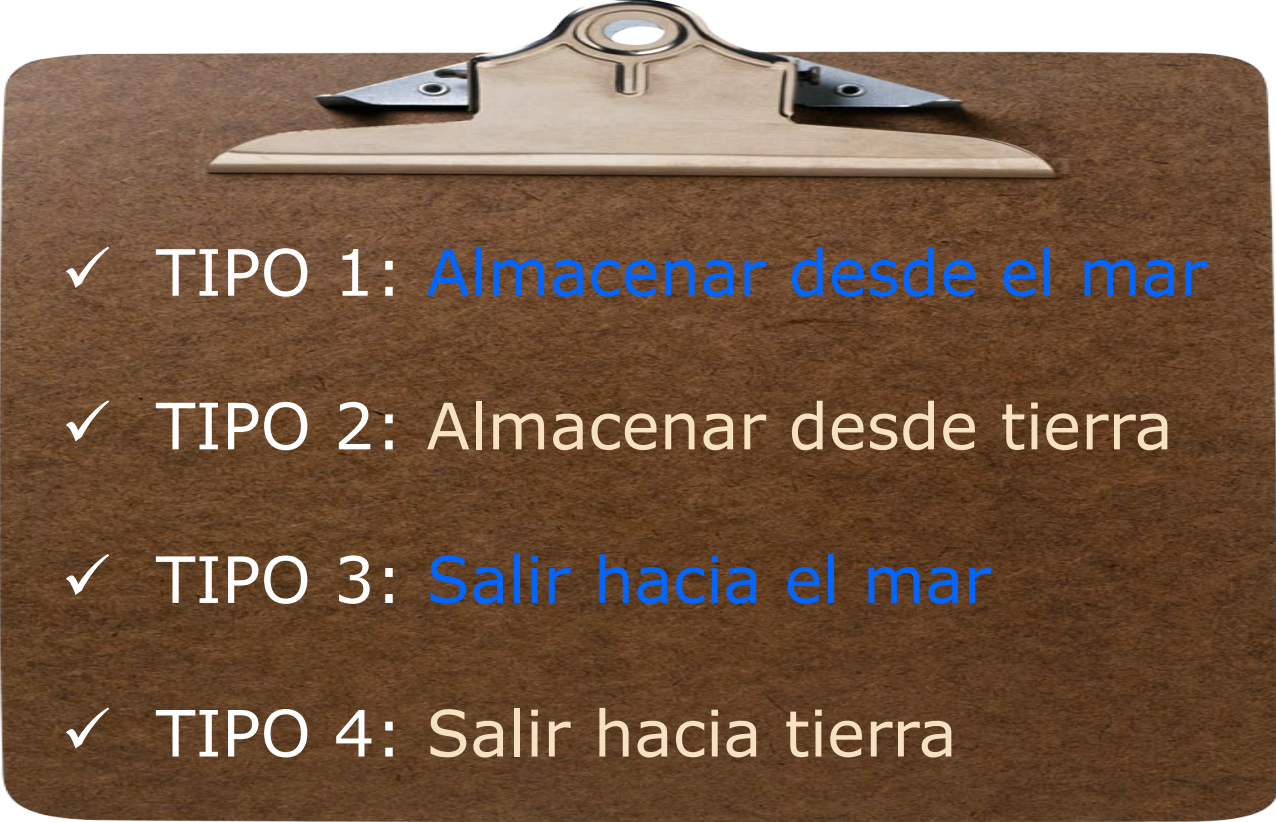
Teniendo en cuenta:

- Configuración europea
- Un bloque
- Una grúa
- Congestión en I/O
- Reshuffling

➤ Minimizar el retraso total ponderado

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

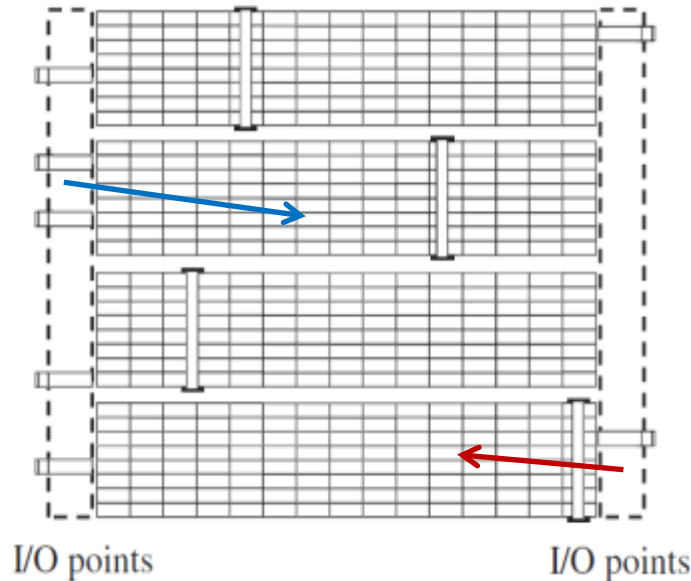
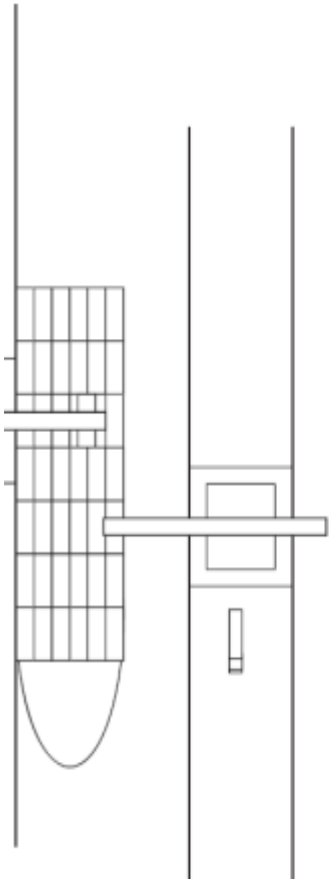
TIPOS DE OPERACIONES CON CONTENEDORES

- 
- ✓ TIPO 1: Almacenar desde el mar
 - ✓ TIPO 2: Almacenar desde tierra
 - ✓ TIPO 3: Salir hacia el mar
 - ✓ TIPO 4: Salir hacia tierra

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

TIPO 1: Almacenar desde el mar

- Fecha llegada (r_c)
- Posición destino conocida
- Asignar I/O de mar



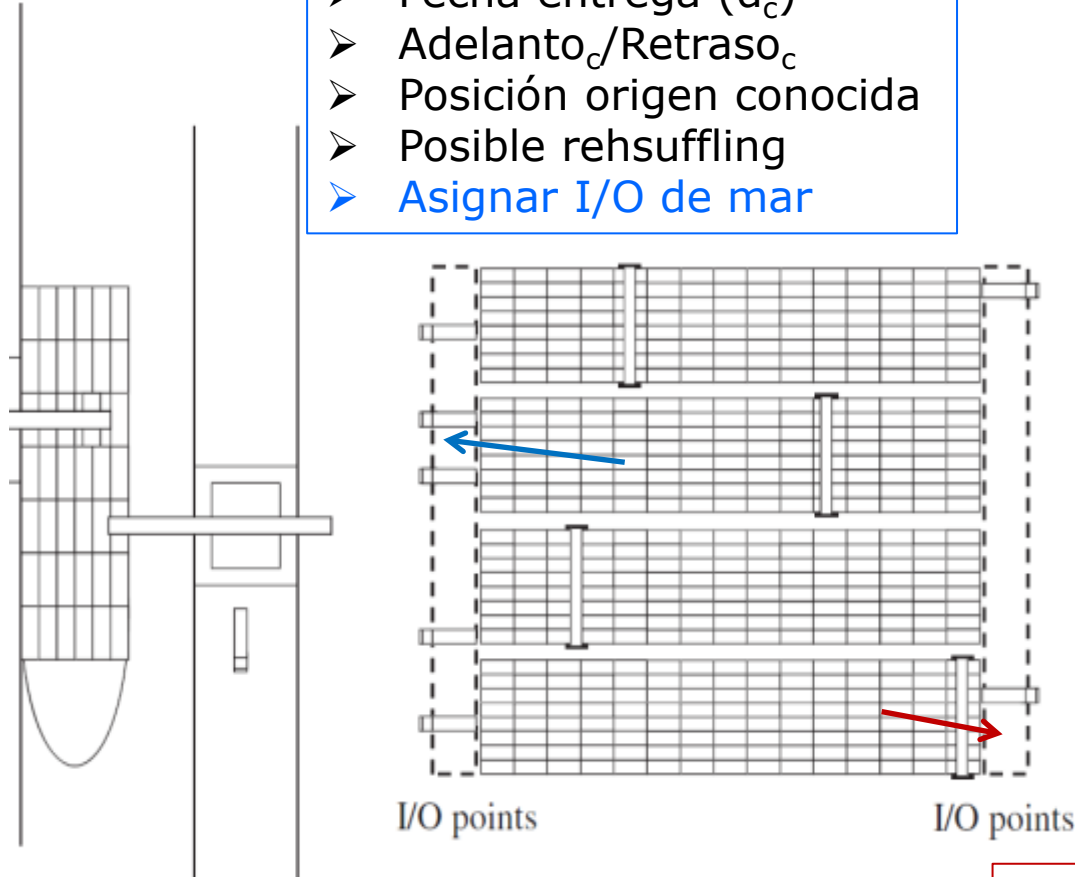
- Fecha llegada (r_c)
- Posición destino conocida
- Asignar I/O de tierra

TIPO 2: Almacenar desde tierra

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

TIPO 3: Retirar hacia el mar

- Fecha entrega (d_c)
- Adelanto $_c$ /Retraso $_c$
- Posición origen conocida
- Posible rehsuffling
- Asignar I/O de mar



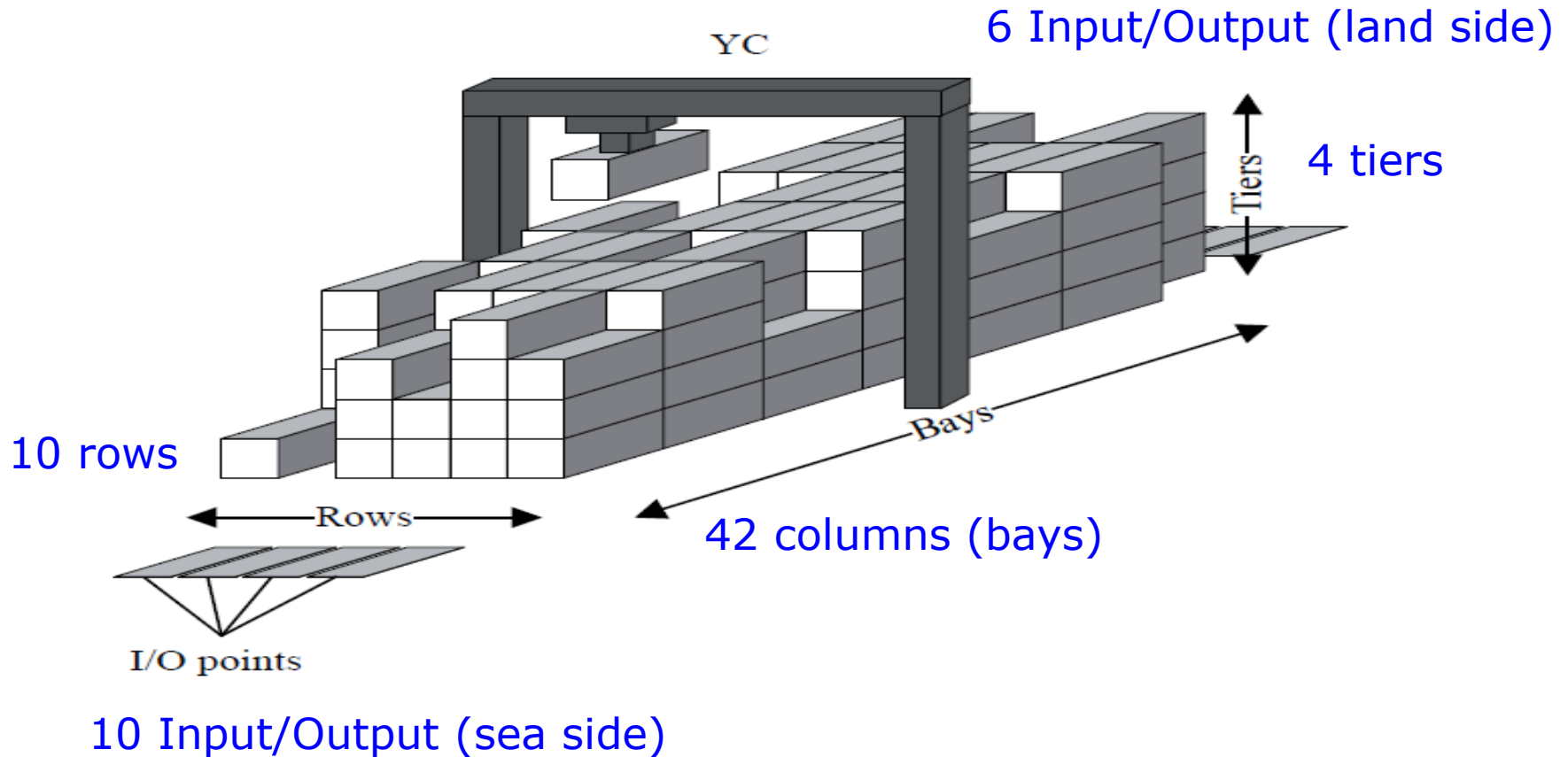
- Tiempo llegada camión (e_c)
- Posición origen conocida
- Posible reshuffling
- Asignar I/O de tierra

TIPO 2: Retirar hacia tierra

Datos de entrada

- Configuración del patio
- Número de peticiones de contenedores (n)
- Velocidades de grúa
- Posición inicial de la grúa
- Detalle de las peticiones de contenedores

Configuración



3. Algoritmos: Constructivo

➤ Similitud con problemas de scheduling

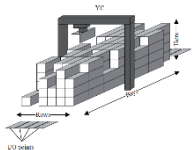
- Representación de la solución: permutación de contenedores ($n=5$)

5	2	3	4	1
---	---	---	---	---

➤ Evaluación



- ✓ Secuenciación de los movimientos de la grúa de patio: vecino más próximo



- ✓ Asignar un I/O a cada contenedor

Patio (I/O asignado) $\xrightarrow{d_a}$ ¿I/O? $\xrightarrow{d_b}$ I/O $\xrightarrow{d_c}$ Patio

Patio (I/O asignado) $\xrightarrow{d_a}$ ¿I/O? $\xrightarrow{d_b}$ Patio

FUNCIÓN OBJETIVO

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{c \in \mathcal{C}_1} w_1^R (TGF_c - r_c) + \sum_{c \in \mathcal{C}_2} w_2^R (TGF_c - r_c) + \sum_{c \in \mathcal{C}_3} w_3^R (TOF_c - d_c) + \sum_{c \in \mathcal{C}_4} w_4^R (TOF_c - e_c) + \\ & + \sum_{c \in \mathcal{C}_1} w_1^C (TOC_c - r_c) + \sum_{c \in \mathcal{C}_2} w_2^C (TOC_c - r_c) + \sum_{c \in \mathcal{C}_3} w_3^C Adelanto_c + \sum_{c \in \mathcal{C}_4} w_4^C (TOC_c - e_c) \end{aligned}$$

Retraso con respecto a fecha llegada

Retraso con respecto a fecha entrega

Retraso con respecto a llegada camión

FUNCIÓN OBJETIVO

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{c \in \mathcal{C}_1} w_1^R (TGF_c - r_c) + \sum_{c \in \mathcal{C}_2} w_2^R (TGF_c - r_c) + \sum_{c \in \mathcal{C}_3} w_3^R (TOF_c - d_c) + \sum_{c \in \mathcal{C}_4} w_4^R (TOF_c - e_c) + \\ & + \sum_{c \in \mathcal{C}_1} w_1^C (TOC_c - r_c) + \sum_{c \in \mathcal{C}_2} w_2^C (TOC_c - r_c) + \sum_{c \in \mathcal{C}_3} w_3^C Adelanto_c + \sum_{c \in \mathcal{C}_4} w_4^C (TOC_c - e_c) \end{aligned}$$

Retraso por no asignación de I/O

Penalización por sacar antes de tiempo

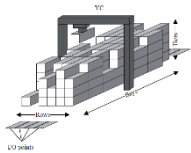
Retraso por no asignación de I/O

3. Algoritmos

➤ Fase constructiva



- ✓ Secuenciación de los movimientos de la grúa de patio: vecino más próximo



- ✓ Asignar un I/O a cada contenedor

Patio (I/O asignado)-----→¿I/O?-----→I/O----→Patio

Patio (I/O asignado)-----→¿I/O?-----→Patio

➤ Local Search

5	2	3	4	1
2	5	3	4	1
2	3	5	4	1
2	3	4	5	1
2	3	4	1	5

➤ Iterated Greedy (IG)

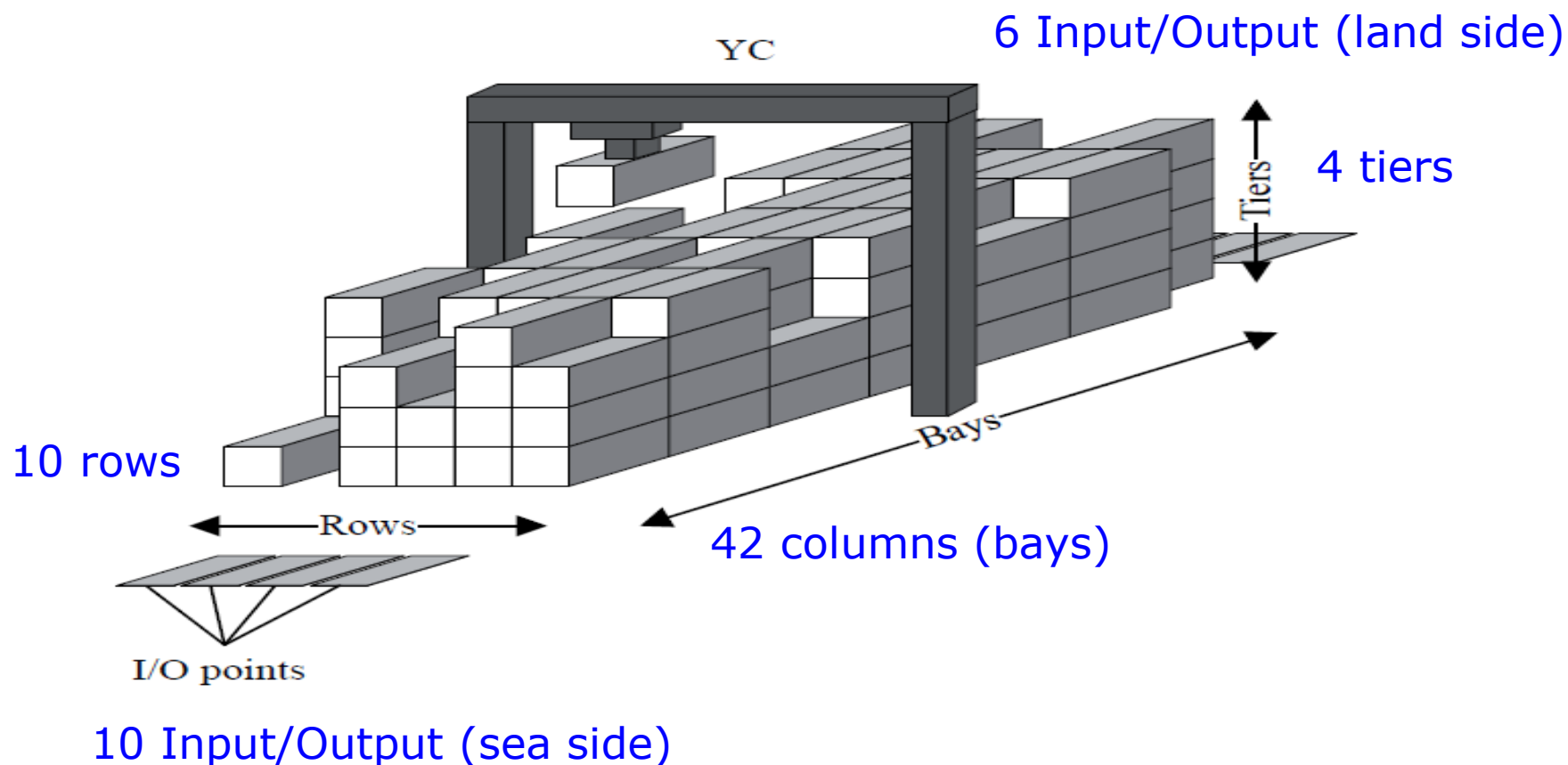
- Solución Inicial (Vecino más próximo-**NN**)
- Local Search
- Mientras no se cumpla el criterio de parada (#iteraciones)
 - Destrucción (3 contenedores)
 - Reconstrucción
 - Local Search
 - Criterio de Aceptación
- Fin

Instancias generadas (10 réplicas)

- Pequeñas y Pequeñas “ajustadas” (tight)
 - 5, 10, 15 peticiones (contenedores)
- Medianas
 - 20, 30, 40 peticiones (contenedores)
- Grandes
 - 50, 100, 150, 200 peticiones (contenedores)

4. Generación de instancias

Configuración



Localizaciones

- **Coordenadas (x,y,z)** : fila, columna (bay), altura. Generadas aleatoriamente para cada contenedor
- **Posición inicial grúa $(x,y,5)$** : generada aleatoriamente
- **Input/Output mar**: columna (bay) 0, altura (z) 1
- **Input/Output tierra**: columna (bay) 43, altura (z) 2

4. GENERACIÓN DE INSTANCIAS

Parámetro fecha

- Operaciones tipo 1, 2: **release time** (r_j)
- Operación tipo 3: **due date** (d_j)
- Operación tipo 4: **llegada camión** (e_j)

$$r_j = \text{random}(0;0,1*\text{RoundTrip})$$

$$d_j (e_j) = \text{random}(0;0,4*\text{RoundTrip})$$

$$\text{RoundTrip} = n*\text{bays}$$

Parámetro peso

- Peso por **retraso** (w_t)
- Peso por **congestión** (w_{cong_t})
- Generados aleatoriamente entre 1 y 9
- Todas las operaciones del mismo tipo tienen los mismos pesos

5. Resultados

- Constructivo Vecino más próximo y Local Search: **NN+LS**
- Iterated Greedy: **IG+LS**
- Criterio de parada (IG): **100 iteraciones**
- Búsqueda local (LS):
 - ✓ Óptimo local: **small, small tight, medium, large (50)**
 - ✓ Una iteración: **large (100, 150, 200)**. Mejor posición

$$RPD = \frac{Heu_{sol} - Best_{sol}}{Best_{sol}} \cdot 100$$

5. RESULTADOS

Instancias pequeñas

	NN+LS	IG+LS
Cont	Av. RPD(%)	Av. RPD(%)
5	1,69	0
10	0,87	0,31
15	3,95	0
Av.	2,17	0,1

Instancias pequeñas (tight)

	NN+LS	IG+LS
Cont	Av. RPD(%)	Av. RPD(%)
5	1,29	0,57
10	5,45	0,79
15	6,4	0
Av.	4,38	0,45

5. RESULTADOS

Instancias medianas

	NN+LS	IG+LS
Cont	Av. RPD(%)	Av. RPD(%)
20	6,9	0
30	4,64	0
40	3,63	0
Av.	5,1	0

	NN+LS	IG+LS
Cont	Av.Time(sec)	Av.Time(sec)
20	0,43	9,9
30	2,1	37,9
40	8,2	91,8
Av.	3,6	46,5

Instancias grandes

	NN+LS	IG+LS
Cont	Av. RPD(%)	Av. RPD(%)
50	2,32	0
100	1,72	0
150	64,68	0
200	72,06	0
Av.	35,2	0

	NN+LS	IG+LS
Cont	Av.Time(sec)	Av.Time(sec)
50	20,1	73,3
100	122,1	362,3
150	232,5	468,1
200	359,8	619,1
Av.	183,6	380,7

- Instancias pequeñas (5 contenedores)
 - **NN+LS** obtiene **6** soluciones óptimas
 - **IG+LS** obtiene **todos** los óptimos
- Instancias pequeñas (tight, 5 contenedores)
 - **NN+LS** obtiene **5** soluciones óptimas
 - **IG+LS** obtiene **6** soluciones óptimas

- Instancias pequeñas (10 contenedores)
 - **NN+LS** obtiene **4** soluciones óptimas
 - **IG+LS** obtiene **5** soluciones óptimas
- Instancias pequeñas (tight, 10 contenedores)
 - **NN+LS** obtiene **1** solución óptima
 - **IG+LS** obtiene **5** soluciones óptimas

5. RESULTADOS

Instancia pequeña (tight)

