



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

Equilibrado de puestos de cadenas de montaje en producción por lotes

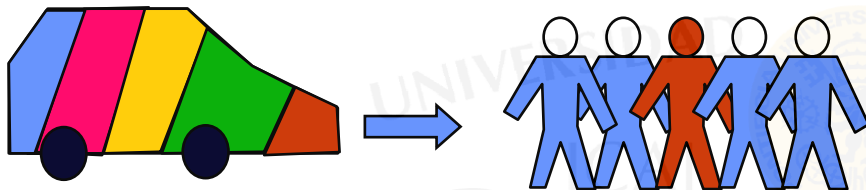
Pedro Sánchez Martín

Santiago López de Haro

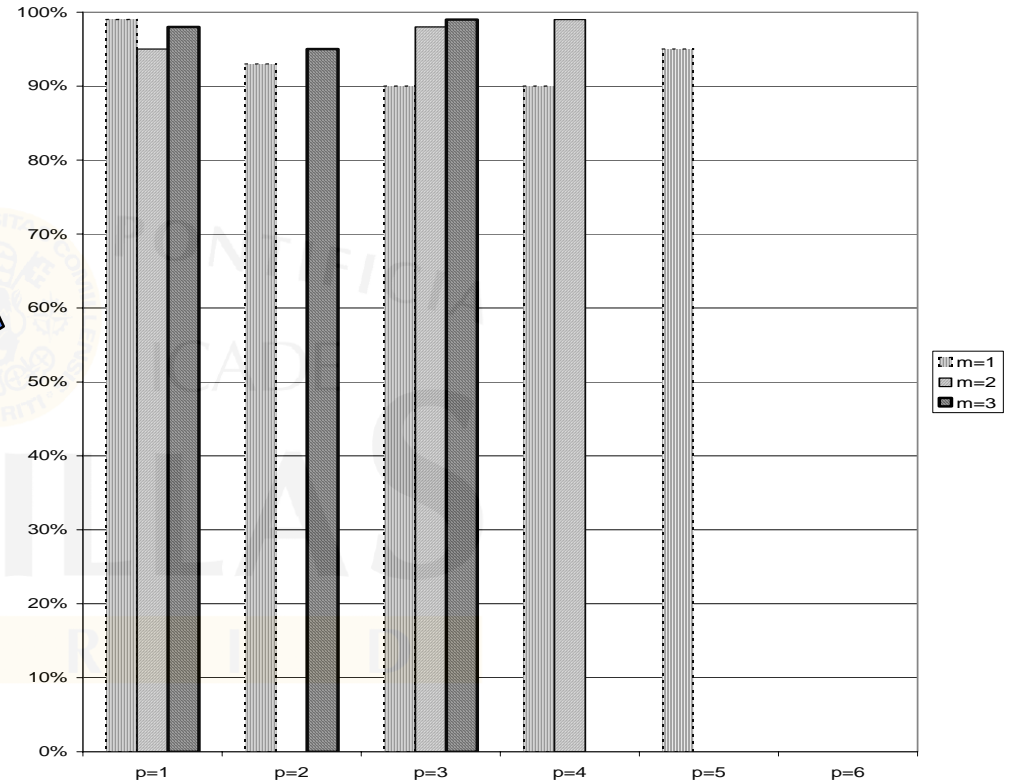
Andrés Ramos

El equilibrado de puestos de cadenas de montaje

- Sistema de producción de tipo línea mixta



- Sistema de producción multimodelo en pequeños lotes

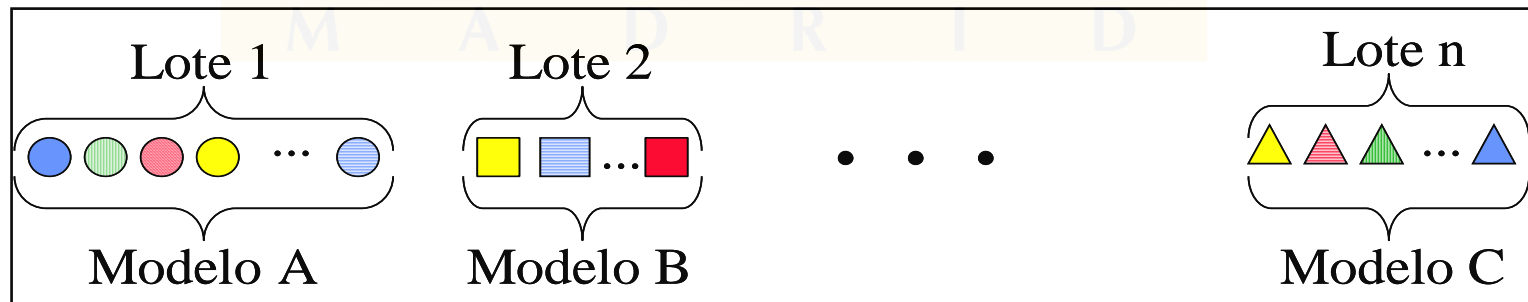


Organización de la producción por lotes

Lotes básicos y personalizados

○ : Modelo A → ● : Producto A1 ● : Producto A2, ...
□ : Modelo B → ■ : Producto B1 ■ : Producto B2, ...
△ : Modelo C → ▲ : Producto C1 ▲ : Producto C2, ...

En cadena

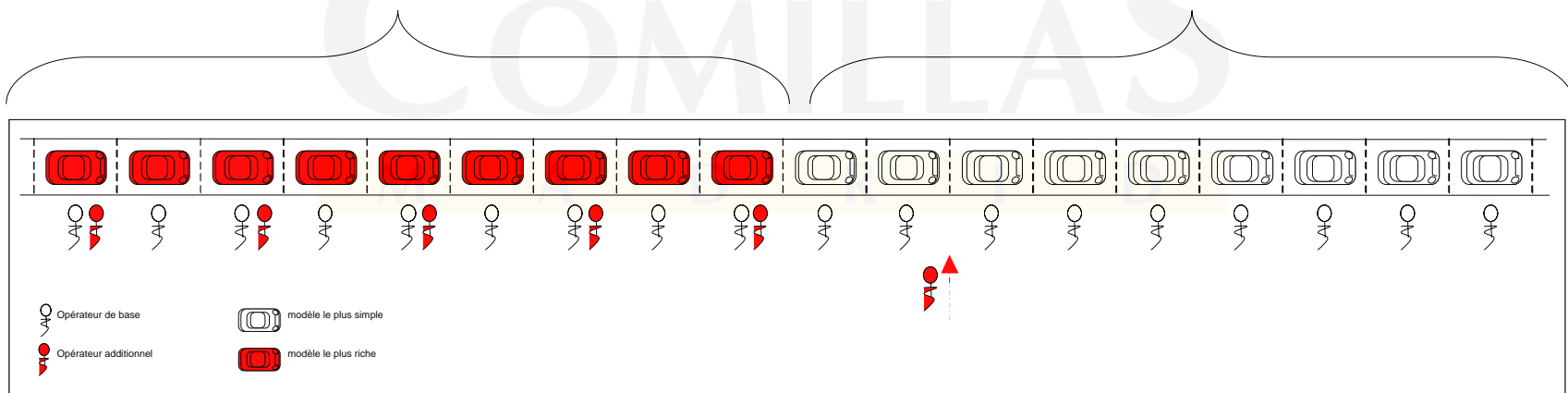


Organización de la producción por lotes

Organización de los puestos y turnos por lotes

Operaciones particulares
de cada lote

Operaciones comunes
a todos los lotes



Modelo de programación matemática (i)

Función objetivo

$$\text{Minimizar } \sum_{\text{Modelos y Puestos}} (\text{porcentaje}_{\text{Modelo}} \times \text{Asignación}_{\text{Modelo a Puesto}})$$

Plan Maestro

- Semanal
- Mensual
- Trimestral

Asignación de modelos a puestos
con variables binarias

Modelo de programación matemática (ii)

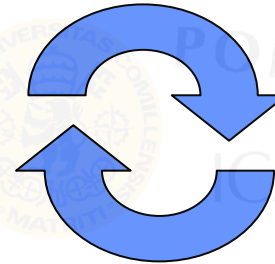
Restricciones

- **Precedencias** : Garantizan el cumplimiento de la secuencia técnica de realización de operaciones
- **Restricciones acumulativas** : Evitan sobrecarga de los puestos de trabajo
- **Restricciones de zona** : Evitan que se realicen tareas en puestos que no disponen de máquinas necesarias para su realización, o que no realizan operaciones en la zona del vehículo donde se ha de realizar la operación
- **Restricciones de incompatibilidad**: Evitan que se asigne a un puesto operaciones incompatibles entre si

Algoritmo de resolución (i)

Hibridación

Programación
lineal entera relajada
RMIP



Programación
de restricciones
CP

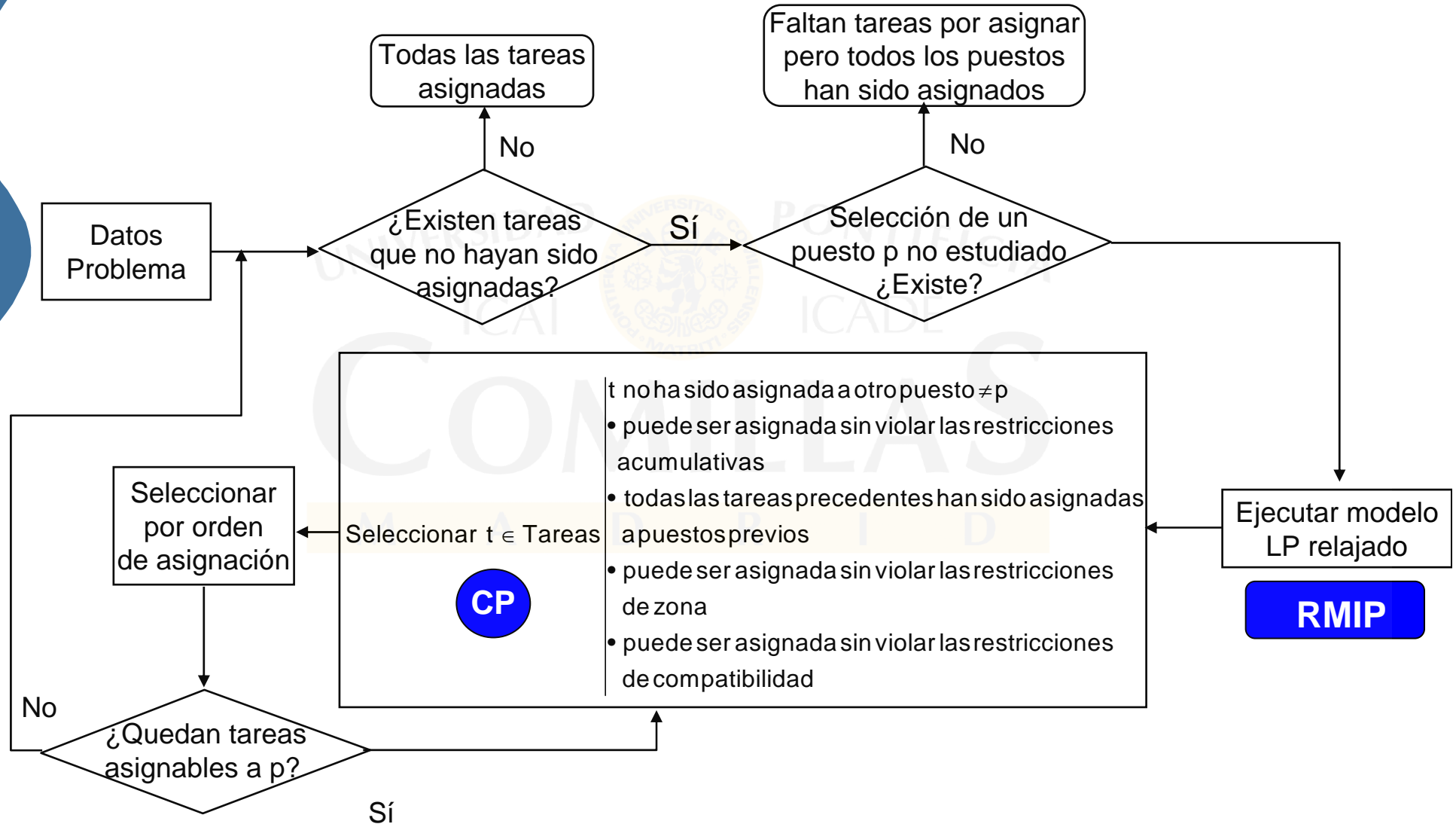
FUNCION OBJETIVO

Restricciones acumulativas
Restricciones de incompatibilidad

FACTIBILIDAD

Restricciones de precedencia
Restricciones de zona

Algoritmo de resolución (ii)



Algoritmo de resolución (iii)

Posibles órdenes de asignación:

1. Tiempo de operación asignada
2. Valor ponderado de:
 - a. Tiempo de operación asignada
 - b. Carga restante del puesto
3. Valor ponderado de:
 - a. Tiempo de operación asignada
 - b. Tiempos de operaciones posteriores

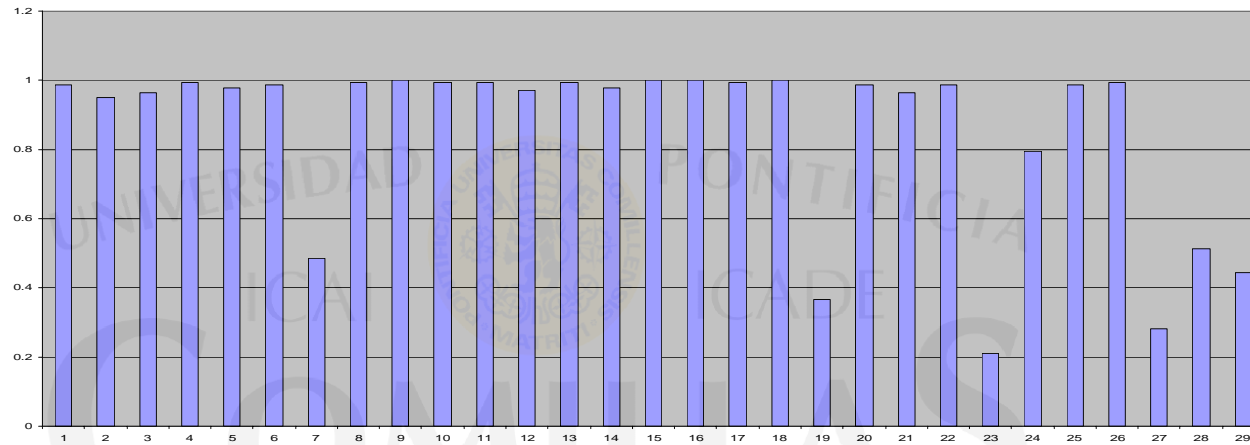
Caso real de aplicación (i)

- Grupo PSA Peugeot-Citröen
- Planta de montaje de Villaverde (Madrid)
- Módulo de montaje de salpicadero
- 2 modelos (C3 y C3P)
- 632 operaciones

Caso real de aplicación (ii)

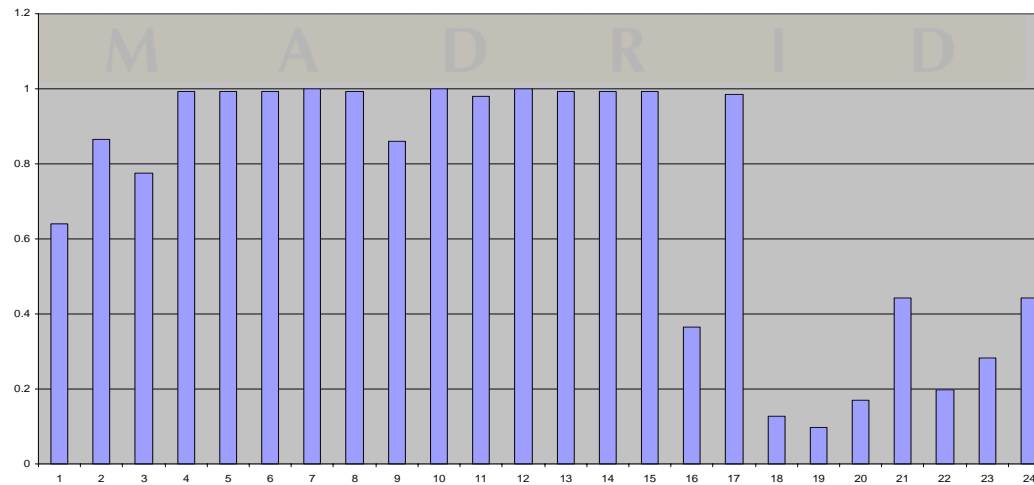
Equilibrado de cada modelo por separado

C3P:



(29 puestos)

C3:



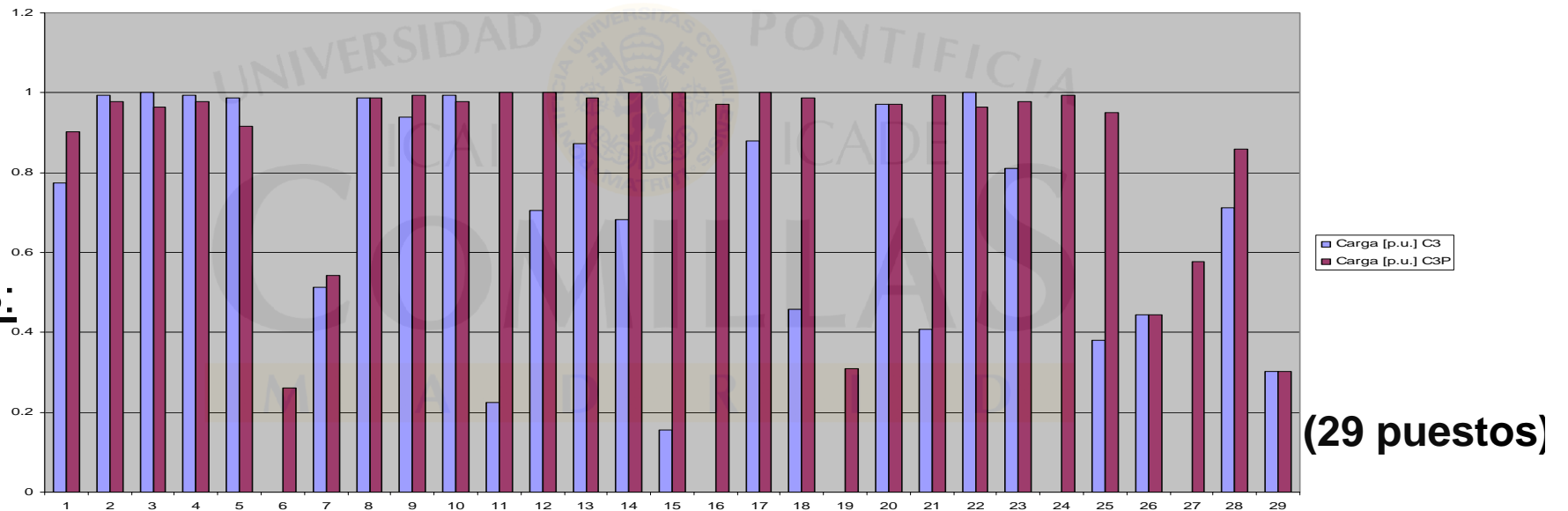
(24 puestos)



Caso real de aplicación (iii)

Equilibrado conjunto de ambos modelos

C3P y C3:



Aportaciones

- Algoritmo que permite dimensionar la cadena y obtener el equilibrado de operaciones por lotes de vehículos
- Hibridación de dos técnicas de optimización (RMIP + CP)
- Aplicación a sistemas reales

Líneas de trabajo futuras

- Ampliación del número de modelos
- Estudio simultáneo de varios módulos de la cadena
- Validación de la bondad del algoritmo desarrollado