



# Cátedra Nissan

-PROTHIUS-

## Métodos Cuantitativos de Organización Industrial: Introducción

*Joaquín Bautista Valhondo, Rocío Alfaro Pozo y Alberto Cano Pérez*

D-04/2011

*Departamento de Organización de Empresas*

Universidad Politécnica de Cataluña

**Publica:**

Universitat Politècnica de Catalunya  
[www.upc.edu](http://www.upc.edu)



**Edita:**

Cátedra Nissan  
[www.nissanchair.com](http://www.nissanchair.com)  
[director@nissanchair.com](mailto:director@nissanchair.com)

# Métodos cuantitativos. Introducción



Departament  
d'Organització  
d'Empreses

# Contenido

---

- Investigación operativa / Métodos cuantitativos
- Modelos
- Enfoque sistémico
- Enfoque pluridisciplinario
- Problemas tipo según el objeto de estudio
  - Problemas de Stocks.
  - Problemas de Reparto.
  - Problemas de Colas.
  - Problemas de Secuencias.
  - Problemas de Renovación.
  - Problemas de Itinerarios.
  - Problemas de Competencia.
  - Problemas de Búsqueda.

# Investigación operativa

---

## *Concepto:*

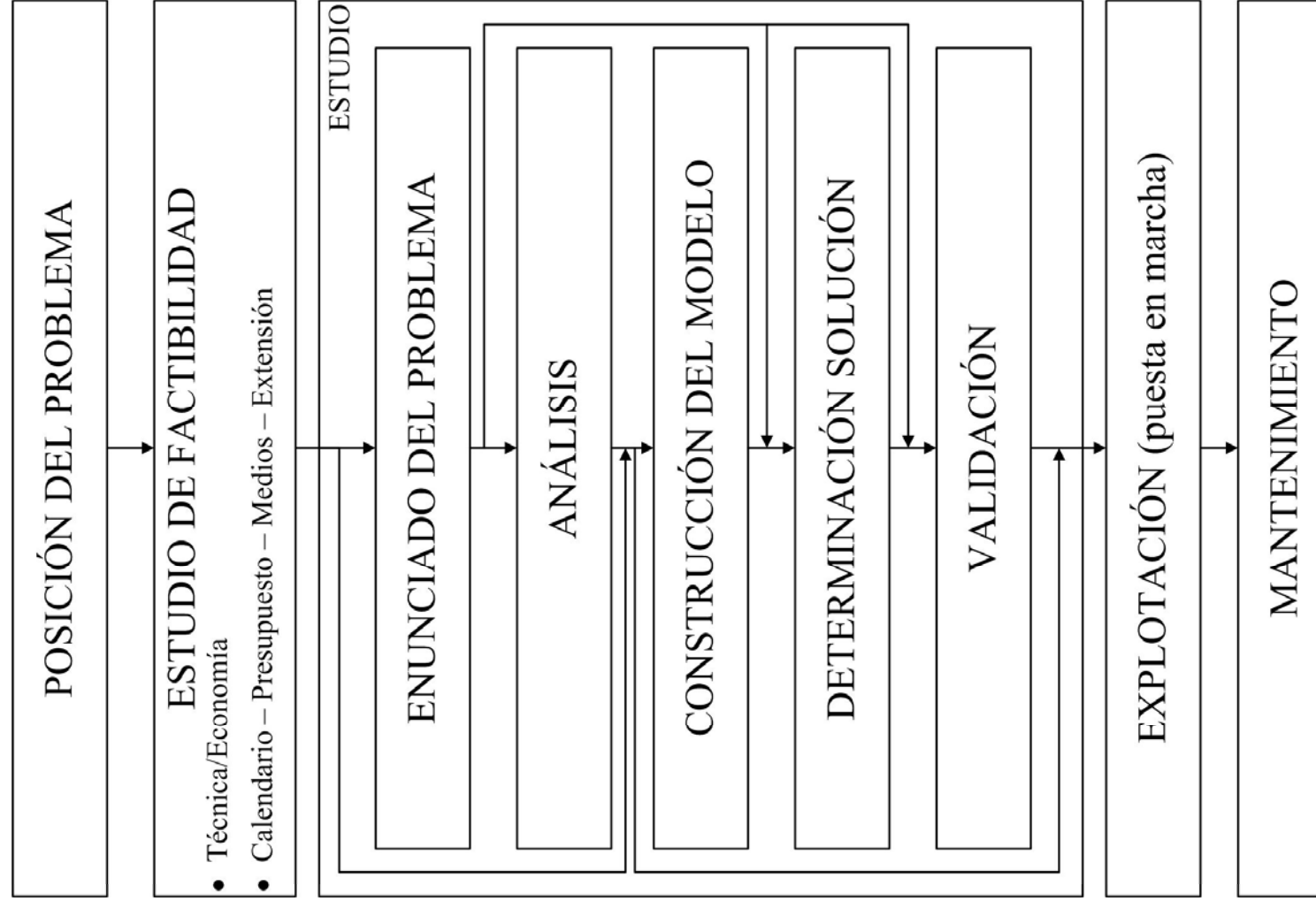
Aplicación del método científico con empleo de modelos matemáticos a los problemas relativos al gobierno de sistemas organizados (hombre-máquina) para proporcionar soluciones que sirvan lo mejor posible a la organización considerada como un todo.

## *Características:*

- Aplicación del **método científico** a los problemas de gobierno.
- **Enfoque global**, se considera el estudio de un sistema.
- Uso de **equipos interdisciplinarios**.



# Fases de un estudio en Investigación operativa

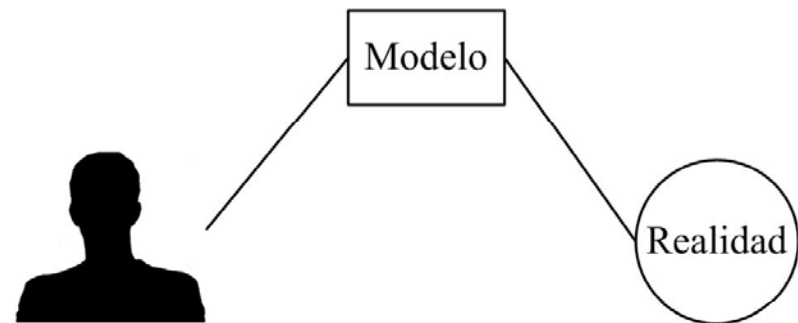


# Modelos

---

## *Concepto:*

**M** es un modelo de un objeto de la realidad **R** para un observador **O**, si **M** responde a las preguntas que se hace **O** respecto a **R**.



## *Clasificación:*

- **Icónicos** (fotos, dibujos, planos, maquetas).
- **Análogos** (sistemas hidráulicos, eléctricos...).
- **Simbólicos** (letras, números y otros símbolos).

# Enfoque sistémico

---

## *Concepto de sistema:*

- Es un conjunto de elementos interrelacionados que está orientado a un fin común.
- Los elementos que no forman parte del sistema, pero pueden influir en él, se conocen globalmente como el **entorno** del sistema.
- La originalidad del enfoque sistémico consiste en considerar no sólo las partes del sistema sino también las **relaciones** entre las mismas.
- El enfoque trata de buscar sistemáticamente las relaciones significativas y tenerlas en cuenta en el análisis del fenómeno estudiado.

## Enfoque pluridisciplinario

---

- La división del dominio del conocimiento en disciplinas es un fenómeno relativamente reciente (XVIII).
- Al clasificar los conocimientos científicos, actuamos como si la Naturaleza estuviera también estructurada según nuestra clasificación.
- No cabe clasificar los problemas por la disciplina: no existen problemas físicos, económicos, biológicos, psicológicos, etc.
- Existen problemas: las disciplinas de la ciencia permiten abordarlos de diferentes formas.
- Cada una de las disciplinas corresponde a un método para tratar los problemas. Según el objetivo, unos métodos son más eficaces que otros.
- Nuestra experiencia permite construir métodos eficaces para resolver problemas habituales.

*Observación:* Ante problemas nuevos los equipos interdisciplinarios propician la posibilidad de abordar un problema desde varios enfoques posibles, siguiendo aquél que posea más garantías de efectividad.





# Problemas tipo según el objeto de estudio

---

- Problemas de *Stocks*.
- Problemas de *Reparto*.
- Problemas de *Colas*.
- Problemas de *Secuencias*.
- Problemas de *Renovación*.
- Problemas de *Itinerarios*.
- Problemas de *Competencia*.
- Problemas de *Búsqueda*.



# Problemas de Stocks (I)

---

## *Concepto de stock:*

Recurso inemplado que posee valor económico. Los motivos de no emplear el recurso son:

*1. la especulación*

*2. el deseo de establecer un mecanismo regulador entre dos partes de un sistema cuyos flujos de producción y de consumo del recurso son distintos.*

## *Tipos de costes asociados a la existencia de stock:*

- Crecientes al crecer el stock (*posesión de stock*: gastos de almacén, obsolescencia, mermas, interés del capital invertido, seguros, etc.).
- Decrecientes al crecer el stock (*lanzamiento* -ligados al reaprovisionamiento- y *rupturas* de stock).

## *Objetivo:*

Definir el **nivel de stock** (frecuencia y cantidad de los reaprovisionamientos) que suponga un coste total mínimo.

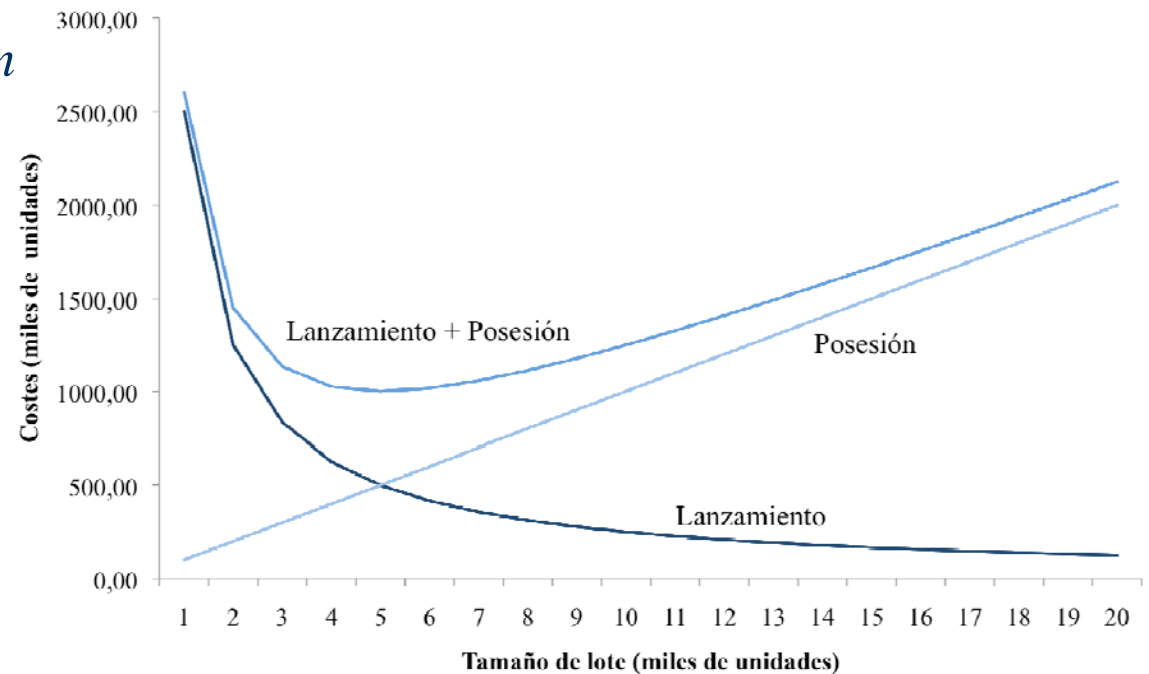
## Problemas de Stocks (II)

### Modelos:

- *Deterministas*: uno o más productos, con o sin restricciones sobre los productos, con demanda homogénea o heterogénea en el tiempo.
- *Aleatorios*: gestión por punto de pedido o por aprovisionamiento periódico, con costes de ruptura o calidad de servicio predeterminada.

### Ejemplo: Fórmula de Harris-Wilson

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot CL}{C_s}}$$



# Problemas de Reparto (I)

---

## *Categoría-1:*

- Existen una serie de trabajos a realizar.
- Se dispone de **suficientes recursos** para hacerlos todos.
- Algunos de los trabajos pueden hacerse de distintas maneras, exigiendo combinaciones y cantidades distintas de recursos.
- Ciertas formas de realizar los trabajos son mejores que otras.
- No existen suficientes recursos para realizar los trabajos de la mejor forma posible.

*Objetivo:* **Repartir los recursos** entre todos los trabajos de manera que el resultado en su conjunto sea lo mejor posible.

## *Categoría-2:*

- Existen **más trabajos** a realizar de los **que los recursos** permiten hacer.

*Objetivo:* **Elegir los trabajos preferentes** y la forma en que se realizarán.

## *Categoría-3:*

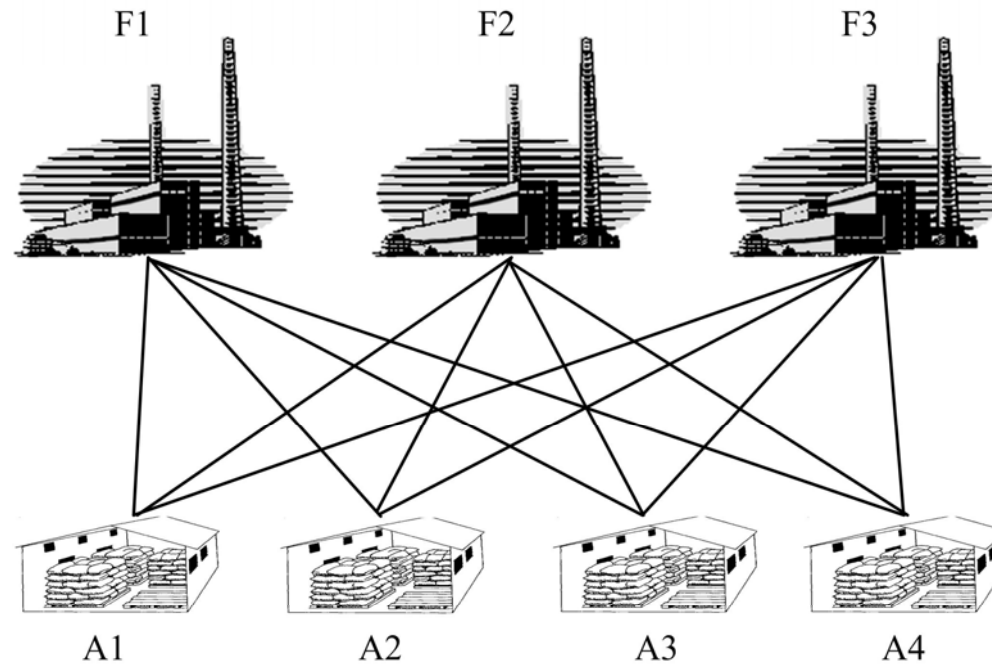
- Se puede **actuar sobre los recursos**, y por ello, se pueden añadir o eliminar algunos.

*Objetivo:* **Seleccionar, añadiendo y eliminando** de la forma más conveniente, los recursos.



# Problemas de Reparto (II)

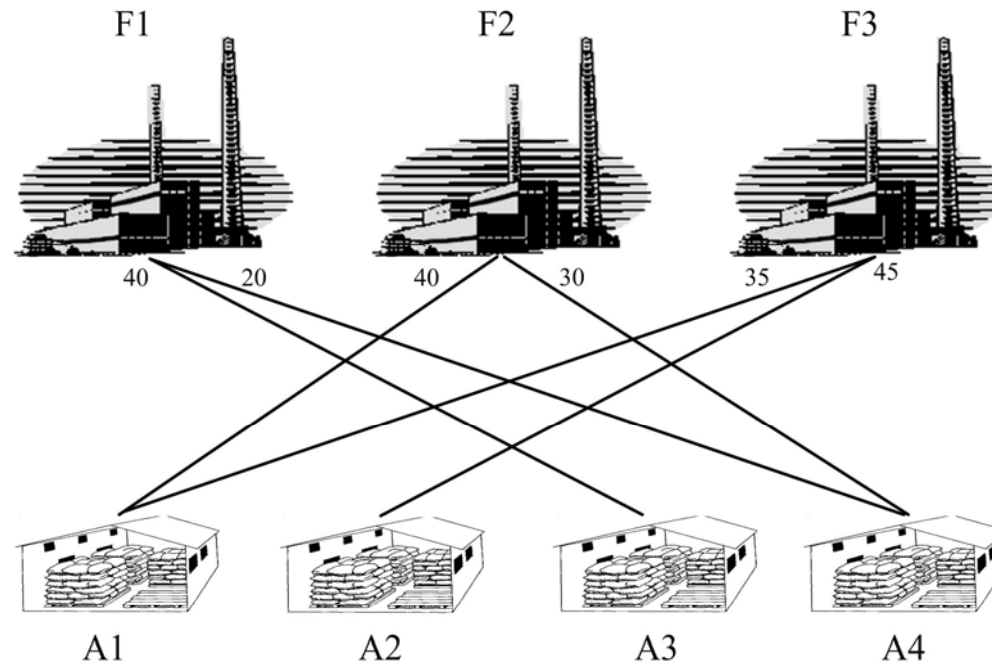
## Problema del Transporte (I):



<i>Costes</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>A3</i>	<i>A4</i>	<i>Oferta</i>
<i>F1</i>	8	13	9	8	60
<i>F2</i>	9	11	12	10	70
<i>F3</i>	7	8	10	9	80
<i>Demanda</i>	75	45	40	50	210

# Problemas de Reparto (III)

## Problema del Transporte (II):



<i>Reparto</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>A3</i>	<i>A4</i>	<i>Oferta</i>
<i>F1</i>	--	--	40 (9)	20 (8)	60
<i>F2</i>	40 (9)	--	--	30 (10)	70
<i>F3</i>	35 (7)	45 (8)	--	--	80
<i>Demanda</i>	75	45	40	50	210

## Problemas de Reparto (IV)

### *Problema de asignación:*

Una serie de trabajos ( $n$ ) deben asignarse a una serie de máquinas (también,  $n$ ). El coste de realizar el trabajo  $i$  en la máquina  $j$  es  $C_{ij}$ . ¿Cómo deben asignarse los trabajos a las máquinas para conseguir que el coste total sea mínimo?

### *Ejemplo:*

	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$
$A$	2	1	6	5	10
$B$	7	8	4	10	6
$C$	7	6	10	9	10
$D$	6	10	9	8	8
$E$	10	9	7	7	10

	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$
$A$	<del>2</del>				
$B$			<del>4</del>		
$C$		<del>6</del>			
$D$					<del>8</del>
$E$				<del>7</del>	

*Solución:* Coste total = 27

## Problemas de Reparto (V)

### *Programas lineales (I):*

Los recursos están limitados y hay que decidir qué trabajos, qué empleo se da a los recursos y el nivel de utilización de los mismos.

### *Ejemplo:*

<i>Procesos / Productos</i>	$p_1$	$p_2$	$p_3$	<i>Disponibilidad (h/mes)</i>
<i>A</i>	0.10	0.25	--	120
<i>B</i>	0.20	0.30	0.40	260
<i>Ganancia</i>	3	5	4	

Modelo:  $[\text{MAX}] Z = 3 X_1 + 5 X_2 + 4 X_3$

s.a:

$$0.10 X_1 + 0.25 X_2 \leq 120$$

$$0.20 X_1 + 0.30 X_2 + 0.40 X_3 \leq 260$$

$$X_1, X_2, X_3 \geq 0$$

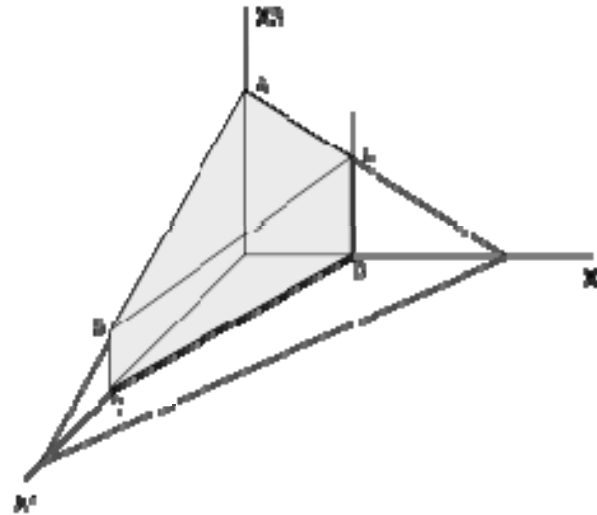




# Problemas de Reparto (VI)

*Programas lineales (II):*

*Resolución gráfica*

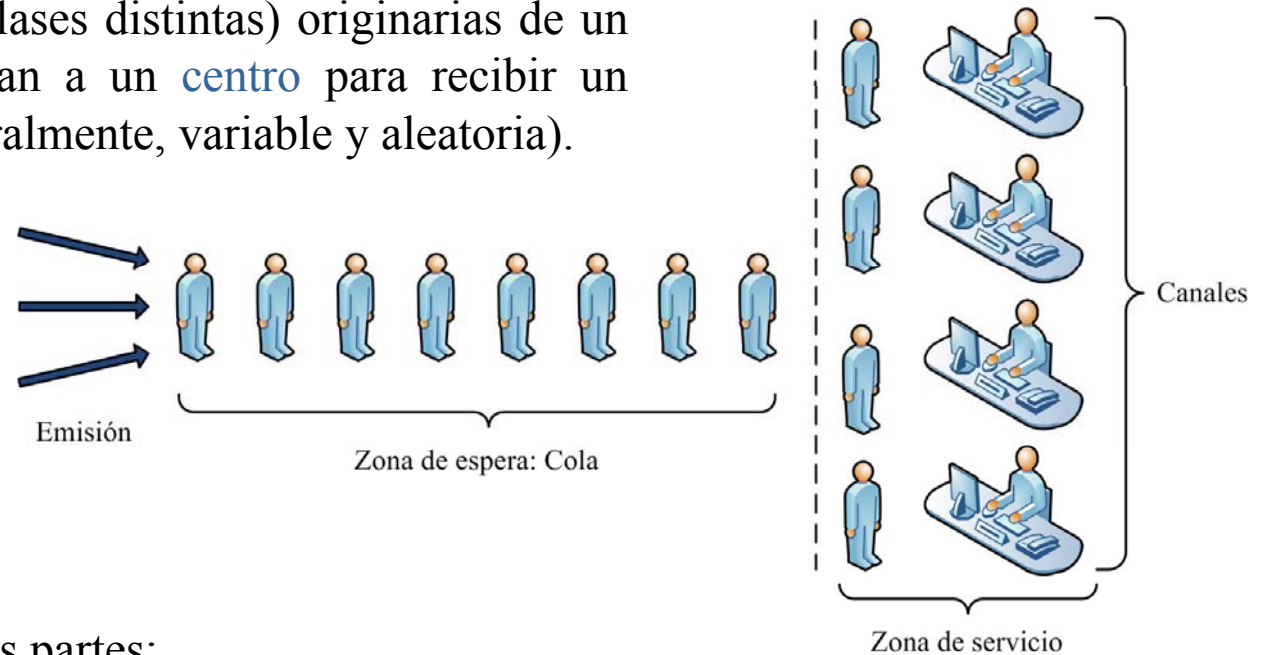


*Soluciones:*

<i>Puntos</i>	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$Z$
<i>A</i>	0	0	650	2600
<i>B</i>	1200	0	50	3800
<i>C</i>	1200	0	0	3600
<i>D</i>	0	480	0	2400
<i>E</i>	0	480	290	3560
<i>Ganancia</i>	3	5	4	

# Problemas de Colas (I)

Ciertas unidades (iguales o de clases distintas) originarias de un depósito (finito o infinito) llegan a un **centro** para recibir un **servicio** de duración finita (generalmente, variable y aleatoria).

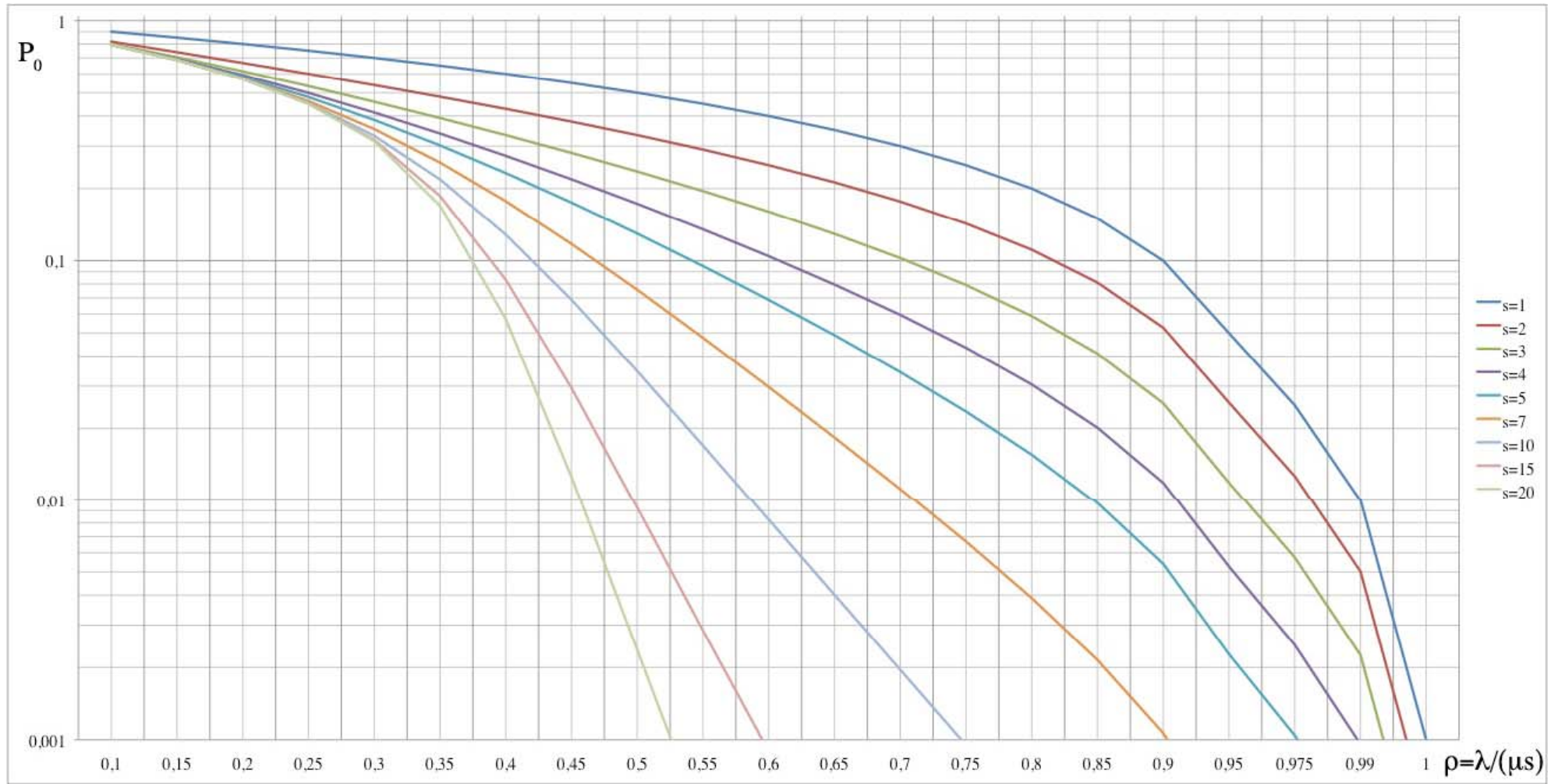


El **centro** está compuesto por dos partes:

- El **servicio** con una o varias **estaciones** en **serie** o en **paralelo**.
- La zona de **espera**.

Cuando una unidad llega y encuentra un **canal** vacío, pasa a él; si encuentra todos los canales ocupados, debe esperar formando **cola**.

# Problemas de Colas (II)



# Problemas de Secuencias (I)

---

Se dirá que un problema es de secuencias (**ordenación**) cuando satisfaga las condiciones siguientes:

- El objetivo del problema es el estudio y/o el control de la realización de un **proyecto** (sentido amplio).
- La realización del **proyecto** puede descomponerse en la ejecución de un conjunto de actividades o tareas.
- La ejecución de las tareas está sometida a un conjunto de limitaciones o **ligaduras** que condicionan los valores de sus características.

Las **ligaduras** se clasifican en:

1. *Potenciales*
2. *Acumulativas*
3. *Disyuntivas*

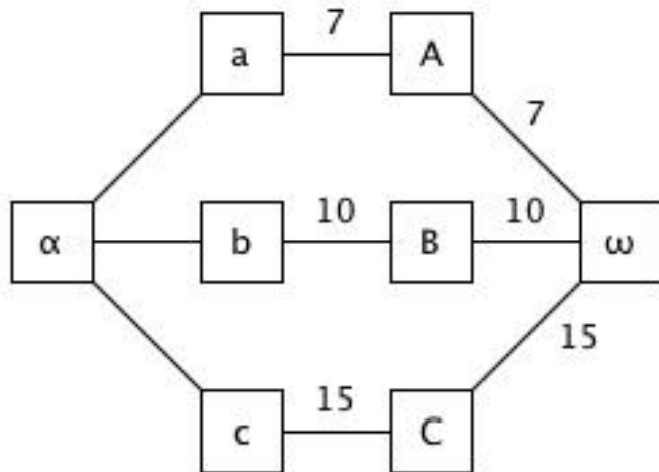


# Problemas de Secuencias (II)

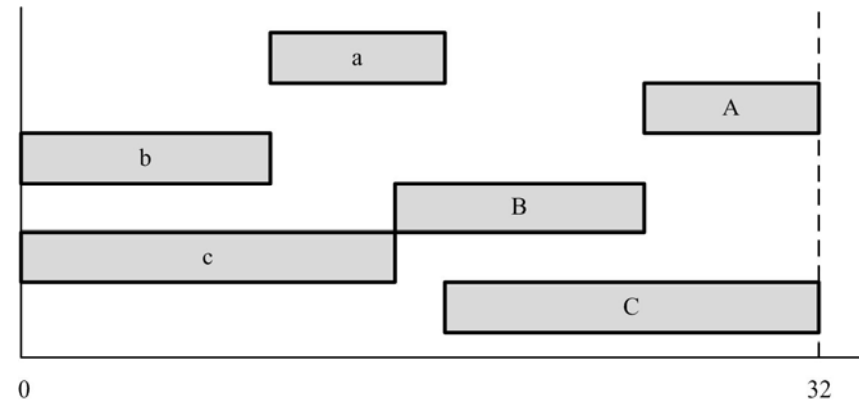
## Representaciones:

- Grafo ROY: actividades en los vértices.
- Grafo PERT: actividades en los arcos.

## Grafo ROY:



## Diagrama de Gantt:



# Problemas de Renovación

---

El envejecimiento de las máquinas o de los sistemas en general obliga a la renovación o sustitución de los mismos.

## *Caso-1: Entes que envejecen poco a poco*

- Elementos costosos (generadores, instalaciones, etc.).
- Para conservarlos es preciso el **entretenimiento**, cada vez más costoso.
- Cuanto más tiempo están en servicio, más costoso resulta el entretenimiento.

*Objetivo:* Determinar el **plazo** idóneo de **sustitución**, a fin de que el **coste total** (entretenimiento) sea **mínimo**.

## *Caso-2: Entes que dejan de funcionar súbitamente*

- Elementos de difícil reparación.
- Fácil reposición.
- La avería supone un sobrecoste.

*Objetivo:* Elegir la **política de reposición**:

1. *Sustituir los objetos averiados (tras la avería).*
2. *Determinar a qué edad debe renovarse si antes no hay avería.*

# Problemas de Itinerarios (I)

---

## *Concepto:*

- Se refieren al transporte y a la comunicación.
- Se trata de determinar un **camino** o **itinerario** entre dos vértices (ciudades, centros de distribución de mercancías, centros de información, etc.) que satisfaga ciertas condiciones.
- Se esquematizan mediante **grafos**.

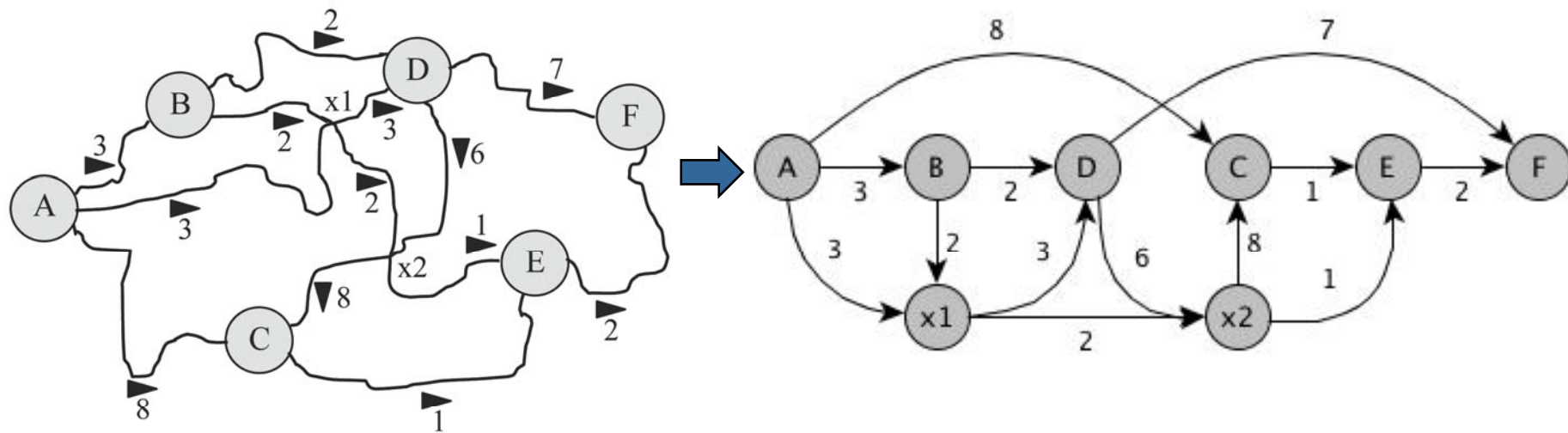
## *Ejemplos:*

- Caminos de longitud o coste mínimo
- Caminos de duración máxima (PERT-ROY)
- Diseño de rutas

## Problemas de Itinerarios (II)

### *Camino de longitud o coste mínimos*

Dado un croquis geográfico que representa todos los caminos posibles entre dos localizaciones (ciudades, fábricas, almacenes etc.), se desea hallar la **ruta más corta** o de **menor coste**.



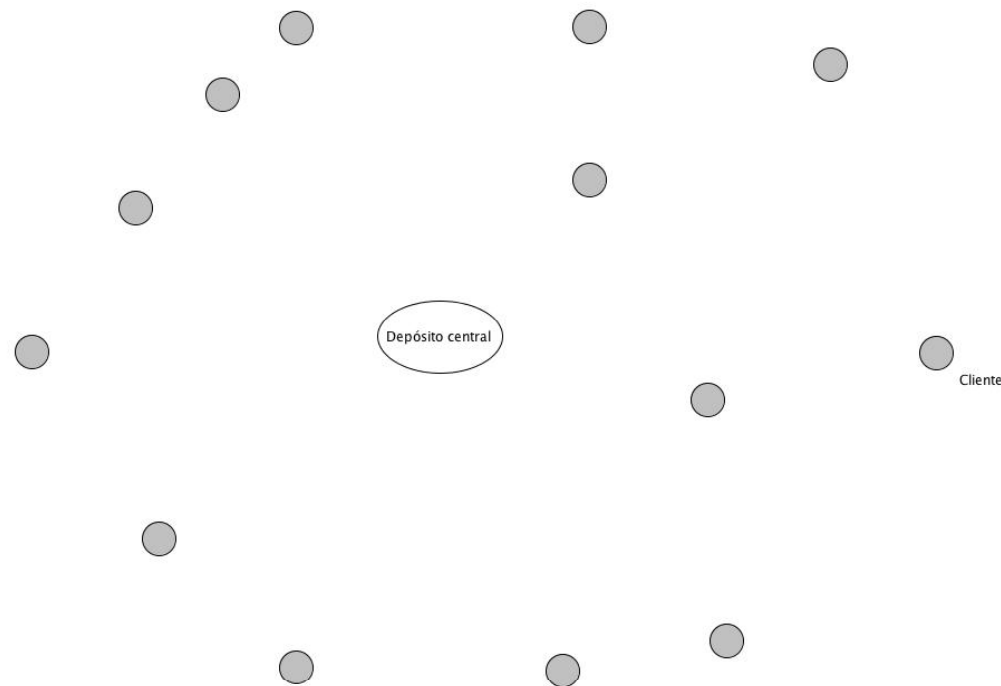


## Problemas de Itinerarios (III)

---

### *Diseño de rutas*

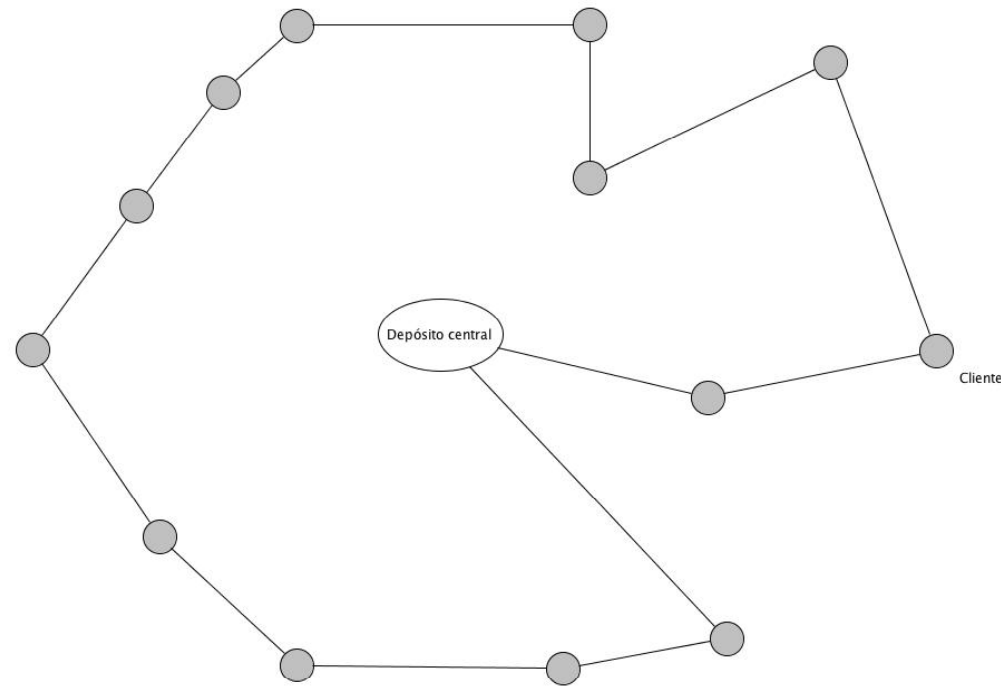
En una red de comunicaciones se dispone de un almacén o depósito central en el que se encuentran vehículos de capacidades determinadas y hay que establecer las rutas para servir a unos clientes de los que se conoce su posición en la red y su demanda que puede ser de uno o de varios productos.



# Problemas de Itinerarios (IV)

## *Diseño de rutas: Viajante de comercio*

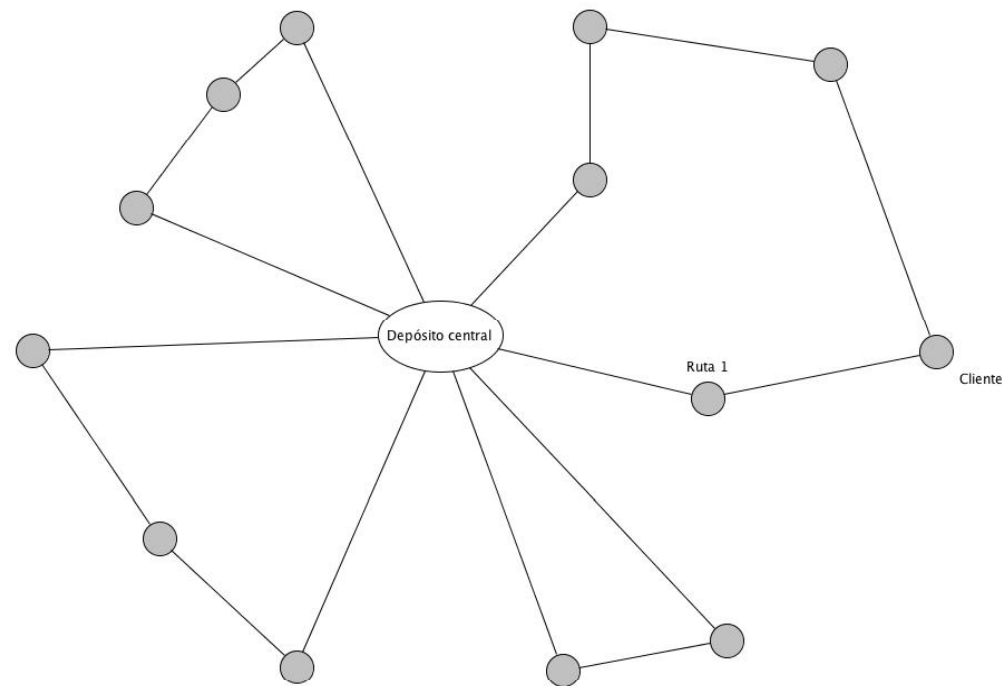
Establecer un itinerario de longitud mínima que pase por todos los vértices una sola vez.



# Problemas de Itinerarios (V)

## *Diseño de rutas: Varios Vehículos*

Por limitación horaria y/o de capacidad, se crean varias rutas.



# Problemas de Competencia

---

Surgen cuando la **decisión** tomada por el responsable del problema queda afectada por las decisiones tomadas por otros.

La **utilidad** que puede obtenerse depende parcial o totalmente de las decisiones de otras personas cuyos fines y objetivos no coinciden totalmente con los nuestros.

## *Casos:*

- La acción de la **competencia** puede predecirse con exactitud.
- La acción de la **competencia** puede predecirse en probabilidad.
- No se sabe nada, por adelantado, de lo que hará la **competencia** .

Cuando la **utilidad** aumenta en presencia de los competidores, la situación es de **cooperación**.

Cuando la **utilidad** disminuye en presencia de los competidores, la situación es de **conflicto**.

## *Tipos de conflicto:*

- **Lucha**, cuando el objetivo es destruir al oponente.
- **Juego**, cuando el objetivo es vencer al adversario.
- **Debate**, cuando el objetivo es convencer al oponente.



# Problemas de Búsqueda

---

## *Concepto:*

En todos los problemas anteriores se supone que se tiene información suficiente para tomar la **decisión**.

Los **Problemas de Búsqueda** se refieren a la mejor forma de obtener la **información**.

## *Ejemplos:*

- Problemas de estimación y previsión.
- Estrategias de exploración en yacimientos.
- Proyecto de procedimientos de inspección para el control de calidad.
- Detección de instalaciones (ejército).

## Paso a paso

---

*"Entre todos los problemas que se sometieron al criterio de mi amigo Sherlock Holmes durante los años que duró nuestra asociación, sólo hubo dos que llegaron a su conocimiento por mediación mía, el del pulgar del señor Hatherley y el de la locura del coronel Warburton. Es posible que este último ofreciera más campo para un observador agudo y original, pero el otro tuvo un principio tan extraño y unos detalles tan dramáticos que quizás merezca más ser publicado, aunque ofreciera a mi amigo menos oportunidades para aplicar los métodos de razonamiento deductivo con los que obtenía tan espectaculares resultados. La historia, según tengo entendido, se ha contado más de una vez en los periódicos, pero, como sucede siempre con estas narraciones, su efecto es mucho menos intenso cuando se exponen en bloque, en media columna de letra impresa, que cuando los hechos evolucionan poco a poco ante tus propios ojos y el misterio se va aclarando progresivamente, a medida que cada nuevo descubrimiento permite avanzar un paso hacia la verdad completa. En su momento, las circunstancias del caso me impresionaron profundamente, y el efecto apenas ha disminuido a pesar de los dos años transcurridos."*

*El dedo pulgar del ingeniero.*

Arthur Conan Doyle (1859-1930)

