

DEIOAC-UPV

# Tema 1. OPTIMIZACIÓN Y TOMA DE DECISIONES



# CONTENIDOS

---

- 1.1 La **Toma de Decisiones**
- 1.2 Reseña Histórica de la Investigación Operativa
- 1.3 Definición de Investigación Operativa
- 1.4 Técnicas de Investigación Operativa: Aplicaciones
- 1.5 Fases de la aplicación de las Técnicas de Investigación Operativa
- 1.6 La Ingeniería Informática y la Investigación Operativa

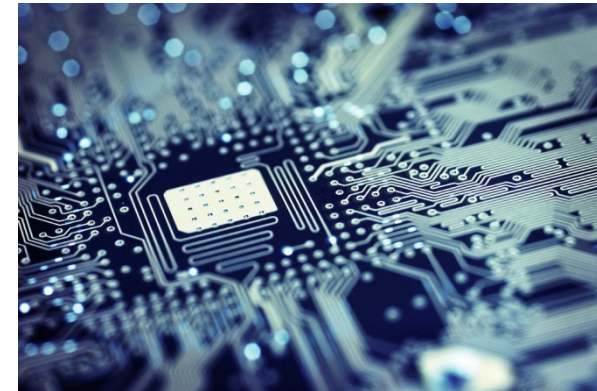
# 1.1 La Toma de Decisiones

---

## ¡ Vivimos en la era de la Tecnología !



- ▶ Este hecho tiene implicaciones para cualquier profesional en el mundo empresarial:
  - ▶ La tecnología permite recopilar enormes cantidades de datos.
  - ▶ La tecnología da a los profesionales la capacidad y la responsabilidad de analizar los datos y tomar decisiones.
- ▶ Actualmente hay disponibles gran cantidad de datos que se incrementarán en el futuro.



- 

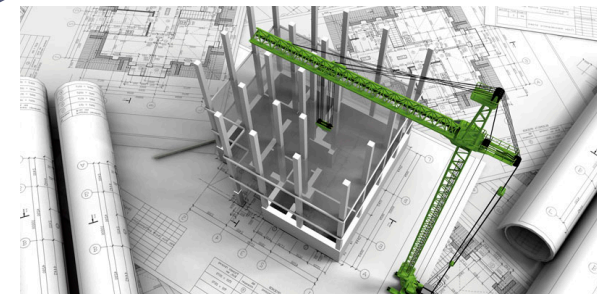
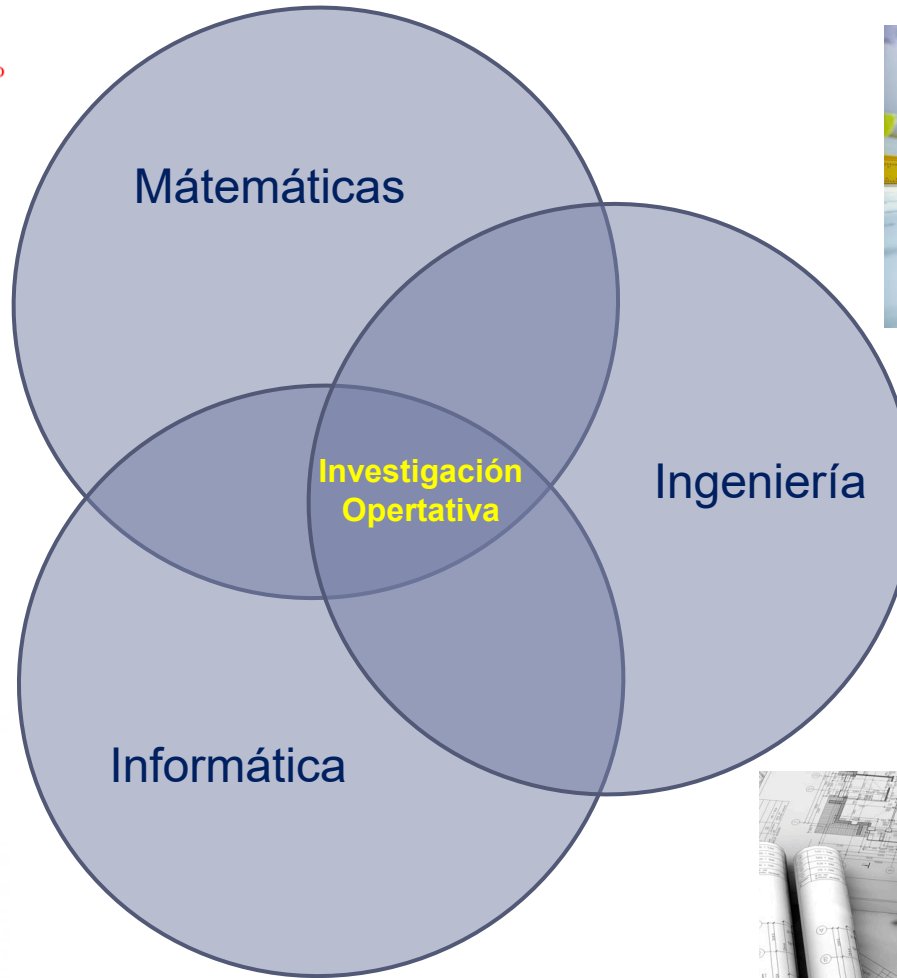
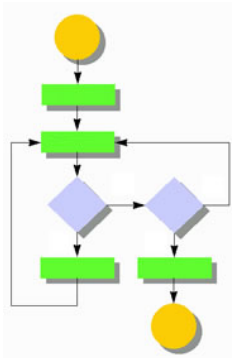


# 1.1 La Toma de Decisiones

Tipo de problema (min o max)      Función objetivo      Beneficios o constantes

$$\begin{array}{lcl} \text{max} & 5x_1 - 6x_2 + 2x_3 & \\ \text{Restricciones} & \begin{array}{l} 3x_1 + 2x_2 - x_3 = 12 \\ 2x_1 - 4x_2 + 4x_3 = 8 \end{array} & \end{array}$$

Variables ( $x_i > 0$ )



# 1.1 La Toma de Decisiones

---

## **OPTIMIZACIÓN MATEMÁTICA:**

Técnica de **Investigación Operativa** utilizada en la **Toma de Decisiones**

# 1.1 La Toma de Decisiones

---

- ▶ Toma de decisiones estratégicas: responsabilidad del gerente
- ▶ **Proceso de toma de decisiones:**
  - ▶ Detección del problema
  - ▶ Responsable de la toma de decisiones procede a:
    - ▶ Definir el problema de manera clara
    - ▶ Formular el objetivo
    - ▶ Identificar las restricciones
    - ▶ Evaluar las alternativas
    - ▶ Obtener la mejor solución: “Solución óptima”

# 1.1 La Toma de Decisiones

---

- ▶ El proceso de toma de decisiones se puede hacer:
  - ▶ **Cualitativamente**
    - ▶ Juicio personal, experiencia pasada
  - ▶ **Cuantitativamente**
    - ▶ No es necesaria la experiencia
    - ▶ Análisis exhaustivo cuando la decisión involucra gran cantidad de dinero, conjunto de variables muy grande o es un problema repetitivo

## TECNICAS DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA (Técnicas de Optimización)



## 1.2 Reseña Histórica de la Investigación Operativa

---

- ▶ Hacer un **uso óptimo** de los **recursos disponibles** es un problema tan antiguo como la humanidad
- ▶ **Inicio de la Investigación Operativa: II Guerra Mundial**
  - ▶ Necesidad de asignar recursos escasos a las operaciones militares de la forma más efectiva
  - ▶ Llamamiento de las administraciones militares del Reino Unido y EE.UU. para que se aplicara el método científico a los problemas estratégicos y tácticos
  - ▶ Inicio formal: Sistema de detección militar por radar (Reino Unido, 1939)

## 1.2 Reseña Histórica de la Investigación Operativa

---

- ▶ **Reino Unido** y **EEUU** son los pioneros.
- ▶ Otros países como **Canadá** y **Francia** también incorporaron grupos de Investigación Operativa (IO) en sus ejércitos
- ▶ Terminada la guerra y dado el éxito cosechado, se generó un gran interés fuera del campo militar
- ▶ En EE.UU. los grupos de IO en el campo militar se consolidaron
- ▶ En el Reino Unido los componentes de los grupos de ámbito militar pasaron a la sociedad civil

**Después de la Guerra se comenzó a aplicar a problemas similares de la industria.**

## 1.3 Definición de Investigación Operativa

---

### ► ASSAD, WASIL y LILIEN (1992):

“La Investigación Operativa (Operations Research /Management Science) es la **aplicación del método científico** a la toma de decisiones o a profesiones que abordan la **mejor manera** de diseñar y operar los **sistemas**, normalmente en condiciones donde se requiere la asignación de **recursos escasos**”

# 1.4 Técnicas de IO: Aplicaciones

---

- ▶ Las diferentes técnicas que están englobadas bajo el nombre de **técnicas de IO** fueron desarrolladas para la resolución de **problemas concretos** que determinan diversos campos de aplicación:
  - a) Control de Inventarios
  - b) Teoría de Colas
  - c) Proceso de sustitución o reemplazo (Fiabilidad)
  - d) Teoría de Juegos
  - e) Modelos de Optimización de Redes
  - f) Gestión de Proyectos (PERT/CPM)
  - g) Simulación
  - h) Programación Matemática**

# 1.4 Técnicas de IO: Aplicaciones

## Programación Matemática vs Metaheurísticos

### Programación Matemática

- programación lineal
- programación lineal entera mixta
- programación cuadrática
- programación no lineal
- optimización estocástica
- programación dinámica
- teoría de grafos u optimización en redes

### Metaheurísticos (Inteligencia Artificial)

- algoritmos evolutivos (genéticos)
- recocido o templado simulado (*simulated annealing*)
- búsquedas tabú, aleatoria, avariciosa
- sistemas multiagente (colonias de hormigas)

# 1.4 Técnicas de IO: Aplicaciones

---

- ▶ PROCESO DE OPTIMIZACIÓN MATEMÁTICA:

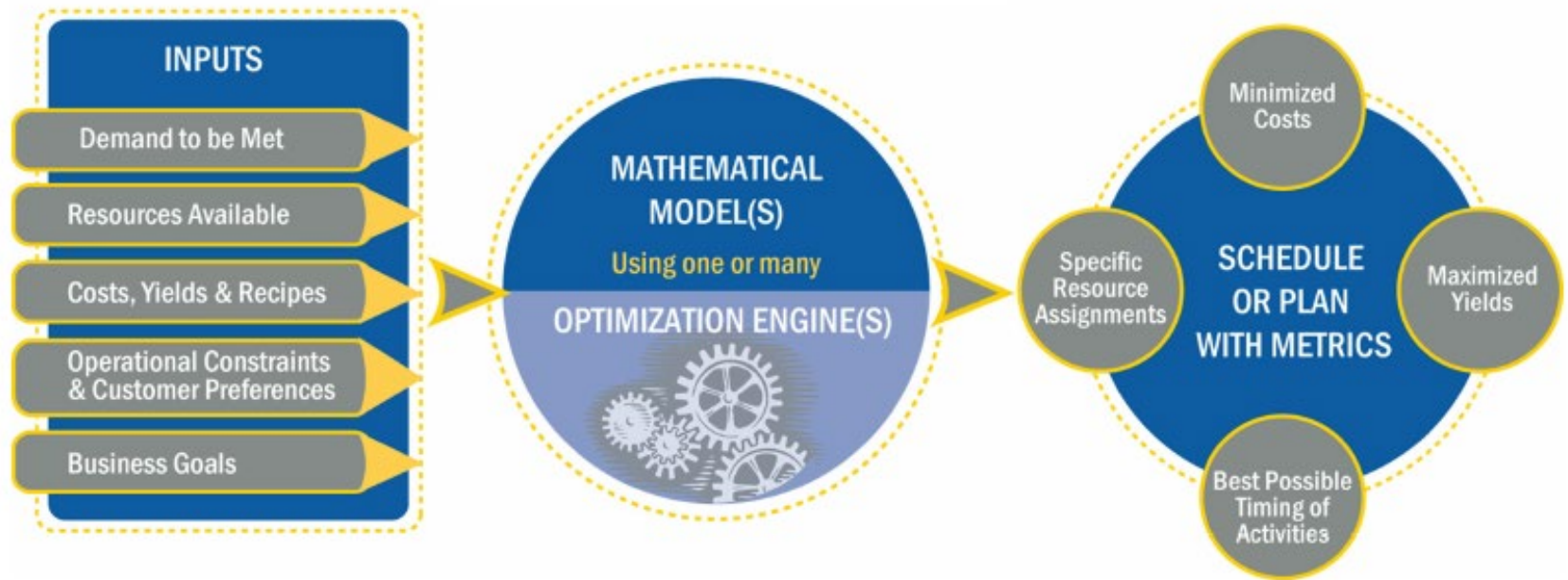
Implica utilizar un conjunto de técnicas matemáticas para encontrar la **SOLUCIÓN ÓPTIMA** a un problema.

- ▶ La solución basada en OPTIMIZACIÓN implica:

- ▶ Un **Modelo** de Optimización
- ▶ **Datos** para crear una instancia del modelo
- ▶ **Motor de Optimización** que resuelva la instancia del modelo (Simplex, Branch and Bound...)

# 1.4 Técnicas de IO: Aplicaciones

## Arquitectura de un Sistema de Optimización



## 1.4 Técnicas de IO: Aplicaciones

---

- ▶ La **programación matemática** es la técnica de IO que más utilizada para obtener soluciones óptimas a problemas complejos
- ▶ **Programación Lineal: Algoritmo del Simplex:** Considerado como uno de los diez algoritmos de mayor influencia en el desarrollo y la práctica de la ciencia y la ingeniería del siglo XX (Nash, 2002)

**El algoritmo que recorre el mundo**

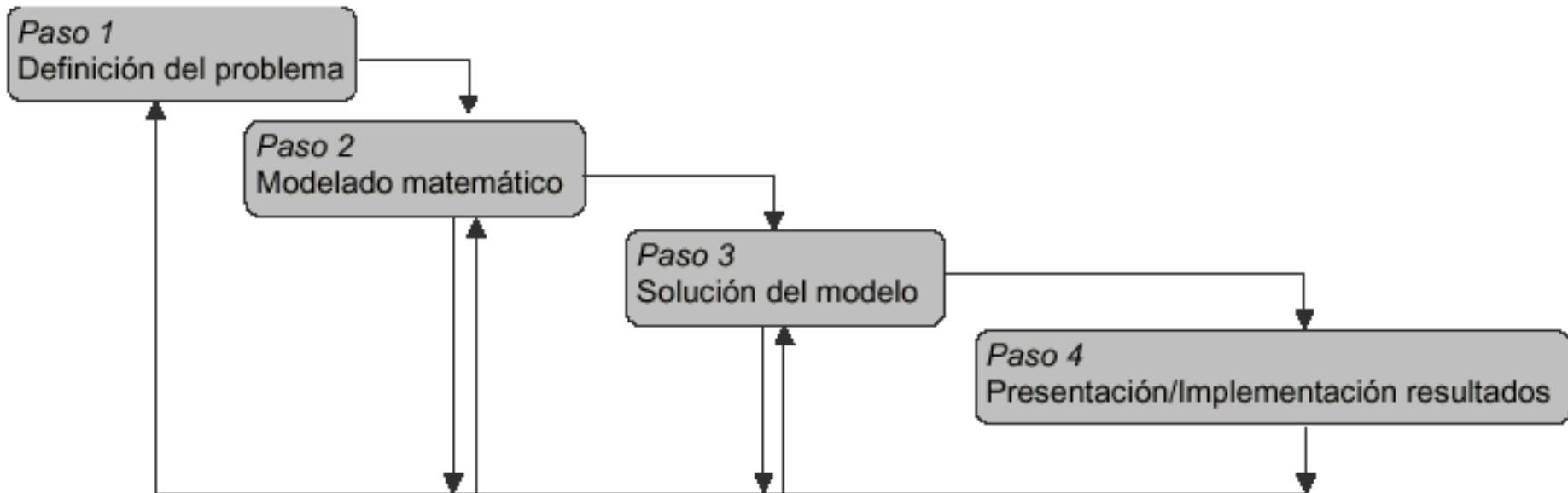
miércoles, 15 de agosto de 2012



## 1.5 Fases de IO

---

- ▶ Las **etapas** o **pasos** de un estudio de IO son las siguientes:



## 1.6 La Ingeniería Informática y la IO

---

- ▶ Las técnicas que se aplican en la **Ingeniería Informática** y en la **IO** tienen varios aspectos en común
  - ▶ Tienen como fin mejorar y optimizar el funcionamiento de las organizaciones (**competitividad**)
  - ▶ Son aplicables en una gran cantidad de contextos y sectores económicos (**flexibilidad**)
  - ▶ Proporcionan soluciones a los diferentes componentes de la organización con un objetivo global (**integración**)
  - ▶ Son responsables de cambios drásticos (en ocasiones) y controlados de los procesos que se utilizan (**mejora continua**)

## 1.6 La Ingeniería Informática y la IO

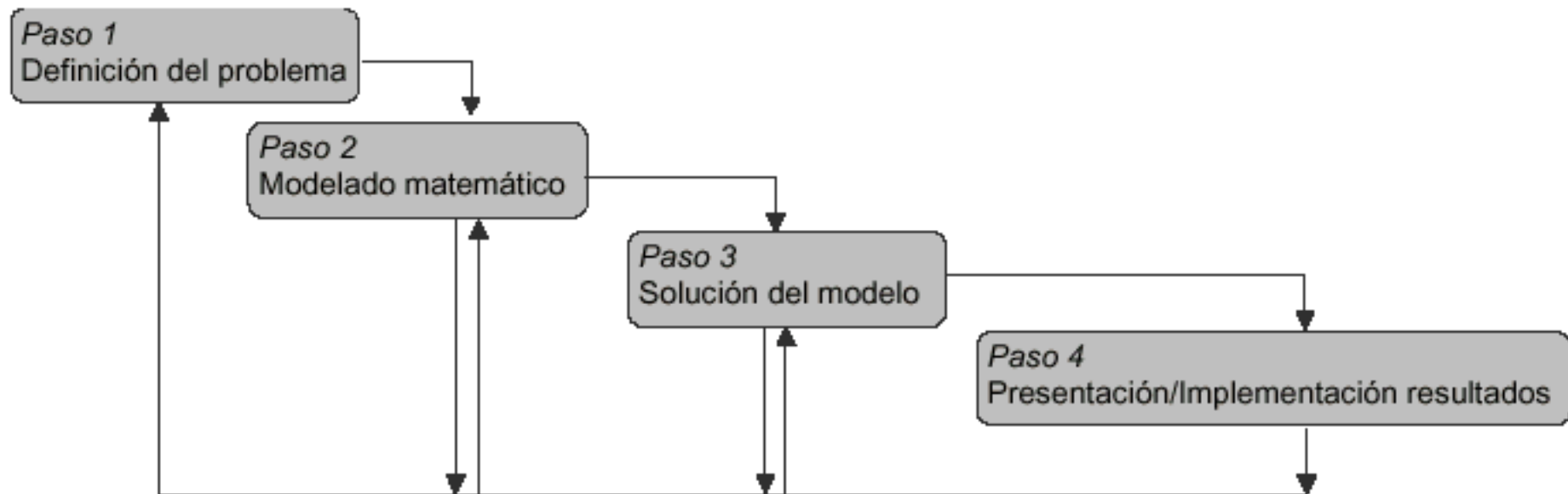
---

- ▶ Esta **versatilidad** de la *Ingeniería Informática* y de la *Investigación Operativa* hace que un **Ingeniero en Informática** con amplios conocimientos de las técnicas de Investigación Operativa tenga un **valor añadido** para su futuro profesional

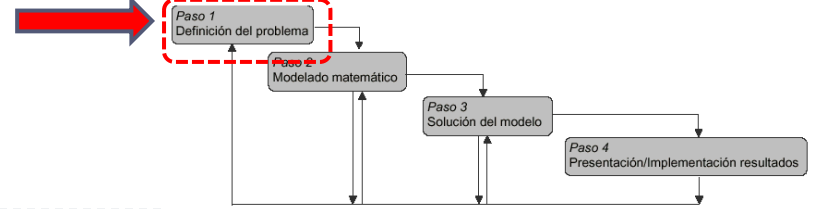
# Anexo: Descripción Fases de IO

---

- Las **etapas** o **pasos** de un estudio de IO son las siguientes:



# Anexo: Fases de IO



## ► PASO 1. Definición del problema

**ES LA PARTE MÁS IMPORTANTE DE TODO EL PROCESO**

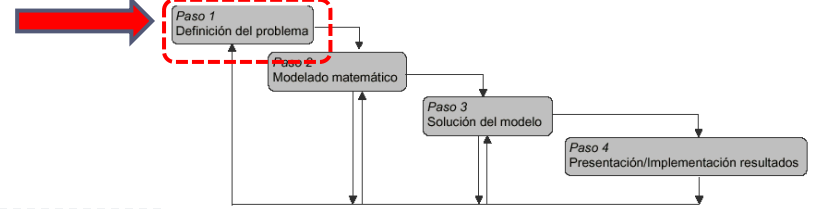
- Una respuesta incorrecta a una pregunta correcta se puede corregir
- La respuesta correcta a una pregunta incorrecta puede ser desastrosa

```

graph LR
    P1[Paso 1: Definición del problema] --> P2[Paso 2: Modelado matemático]
    P2 --> P3[Paso 3: Solución del modelo]
    P3 --> P4[Paso 4: Presentación/Implementación resultados]
    P2 --> P1
    P3 --> P1
    P4 --> P2
  
```

- ETSInf-Ingeniería Informática**

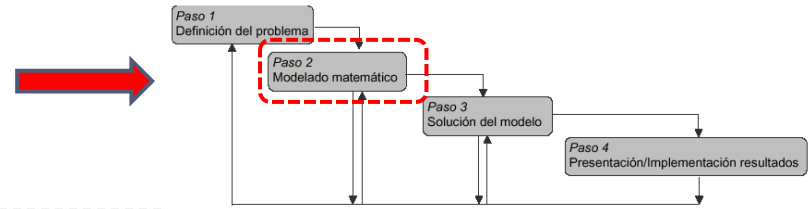
# Anexo: Fases de IO



► Para tratar estos problemas, un buen plan de trabajo es el siguiente:

1. **Observar:** realizar un esfuerzo para contemplar el problema desde diferentes puntos de vista
2. **Ser consciente de las realidades políticas:** conflictos entre jefes y trabajadores, a menudo la información recibida será distorsionada o incompleta
3. **Decidir qué se quiere realmente:** hay que estar seguros de que la empresa tiene claros los objetivos antes de desarrollar y resolver un modelo
4. **Identificar las restricciones:** limitaciones que pueden afectar la decisión final, para incorporarlas al modelo
5. **Buscar información de modo continuo:** no hay que perder el contacto con el decisor para estar al día en el desarrollo del proceso

# Anexo: Fases de IO



## ► PASO 2. Modelado matemático (modelización)

- La modelización es un procedimiento que reconoce y **verbaliza un problema** para posteriormente **cuantificarlo** transformando las expresiones verbales en expresiones matemáticas
- La modelización es un **arte**, que mejora con la práctica. El proceso de la modelización de un problema consta de cuatro pasos:

### MODELADO MATEMÁTICO

Paso 1. Identificar las variables de decisión

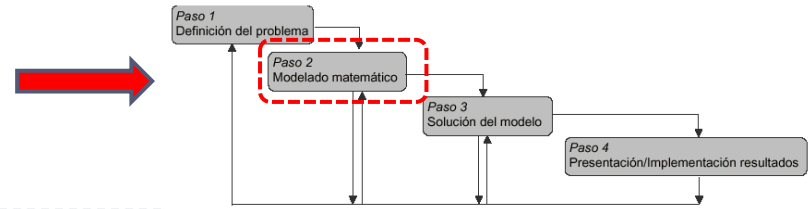
Paso 2. Identificar la función objetivo

Paso 3. Identificar las restricciones

Paso 4. Traducir los elementos anteriores a un modelo matemático



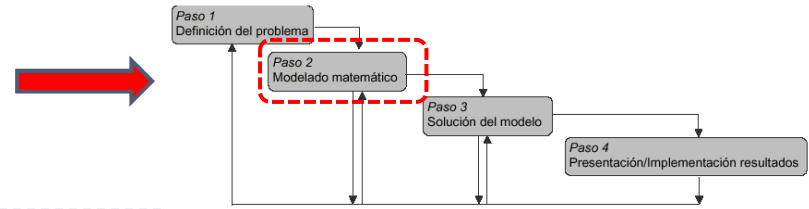
# Anexo: Fases de IO



## 1. Identificar las variables de decisión

- ▶ Un **paso crucial** en la construcción de un modelo matemático es determinar aquellos factores *sobre los que el decisor* tiene **control**, que normalmente se llaman **variables decisión** del problema
- ▶ Sin embargo, **una definición incorrecta de las variables decisión pueden bloquear o complicar el resto de la modelización**
- ▶ Para **identificar las variables de decisión**, puede ser útil hacerse las siguientes preguntas:
  - ▶ ¿Qué hay que decidir?, ¿sobre qué elementos tenemos control?, ¿cuál sería una respuesta clara, directa y válida para este caso?

# Anexo: Fases de IO



## MODELADO MATEMÁTICO

Paso 1. Identificar las variables de decisión

Paso 2. Identificar la función objetivo

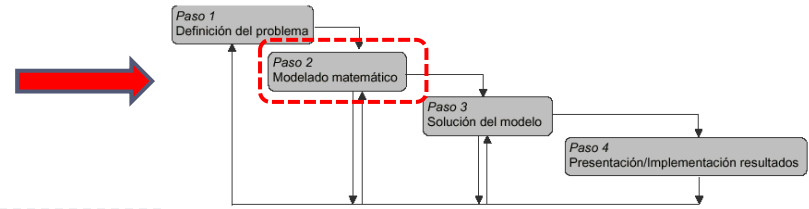
Paso 3. Identificar las restricciones

Paso 4. Traducir los elementos anteriores a un modelo matemático

## 2. Identificar la función objetivo

- ▶ A la hora de **encontrar la función objetivo**, la pregunta a realizar es:
  - ▶ ¿Qué es lo que queremos conseguir?, si yo fuera el gerente de la empresa, ¿qué me interesaría más?

# Anexo: Fases de IO



## MODELADO MATEMÁTICO

Paso 1. Identificar las variables de decisión

Paso 2. Identificar la función objetivo

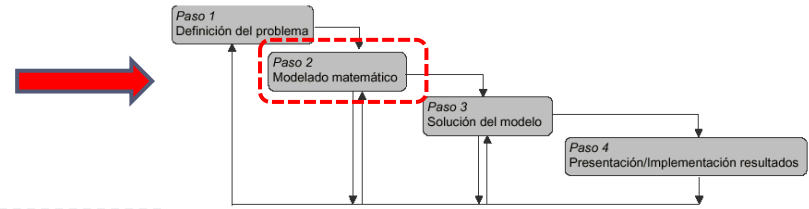
Paso 3. Identificar las restricciones

Paso 4. Traducir los elementos anteriores a un modelo matemático

### 3. Identificar las restricciones

- ▶ En la búsqueda de la solución óptima, normalmente existen ciertas restricciones (limitaciones, requisitos) que limitan nuestra decisión

# Anexo: Fases de IO



## MODELADO MATEMÁTICO

Paso 1. Identificar las variables de decisión

Paso 2. Identificar la función objetivo

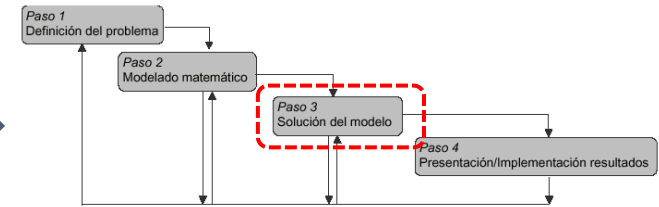
Paso 3. Identificar las restricciones

Paso 4. Traducir los elementos anteriores a un modelo matemático

## 4. Traducir todos los elementos básicos a un modelo matemático

- Una vez identificados los elementos básicos hay que expresarlos matemáticamente. Dependiendo de la naturaleza de las funciones matemáticas, éste será de un tipo u otro

# Anexo: Fases de IO



## ► PASO 3. Resolución del modelo

- Se trata del paso más sencillo. Las etapas son:

### RESOLUCIÓN DEL MODELO

Paso 1. Elegir la técnica de resolución adecuada

Paso 2. Generar las soluciones del modelo

Paso 3. Comprobar/validar los resultados

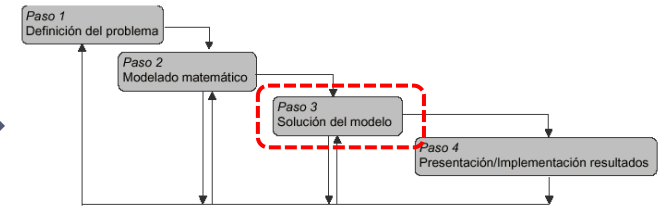
Paso 4. Si los resultados son inaceptables, revisar el modelo matemático

Paso 5. Realizar análisis de sensibilidad

### 1. Elegir la técnica de resolución adecuada

- Utilizar técnicas eficientes ya existentes que proporcionen la **solución óptima** al modelo. En otros casos, si el problema es muy complejo utilizar **métodos heurísticos**

# Anexo: Fases de IO



## RESOLUCIÓN DEL MODELO

Paso 1. Elegir la técnica de resolución adecuada

Paso 2. Generar las soluciones del modelo

Paso 3. Comprobar/validar los resultados

Paso 4. Si los resultados son inaceptables, revisar el modelo matemático

Paso 5. Realizar análisis de sensibilidad

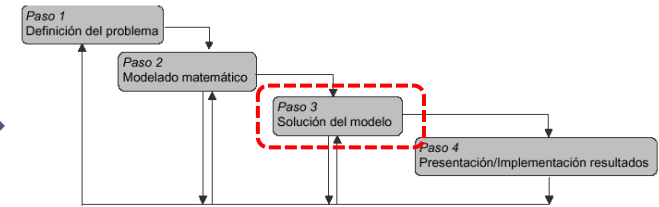
## 2. Generar las soluciones del modelo

- ▶ Los problemas deben ser resueltos con ayuda del **ordenador**, utilizando algunos de los muchos algoritmos de IO que existen

## 3. Comprobar/validar los resultados

- ▶ La solución óptima generada para un modelo puede no ser óptima para el problema real

# Anexo: Fases de IO



## RESOLUCIÓN DEL MODELO

Paso 1. Elegir la técnica de resolución adecuada

Paso 2. Generar las soluciones del modelo

Paso 3. Comprobar/validar los resultados

Paso 4. Si los resultados son inaceptables, revisar el modelo matemático

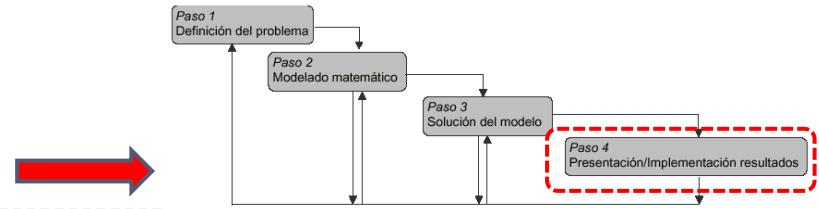
Paso 5. Realizar análisis de sensibilidad

4. Si los resultados no son aceptables, revisar el modelo matemático

5. Realizar análisis de sensibilidad

- La solución que nos proporciona el ordenador es una respuesta para el modelo. Pero el decisor suele querer no una solución, sino varias soluciones entre las que elegir. **La decisión última con respecto a la solución a implantar no la va a toma el sistema de optimización sino el decisor**

# Anexo: Fases de IO



## ► PASO 4. Presentación/Implementación de los resultados

- Se trata del **paso final** dentro del proceso, las etapas son:

### PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Paso 1. Preparar informes y/o presentaciones

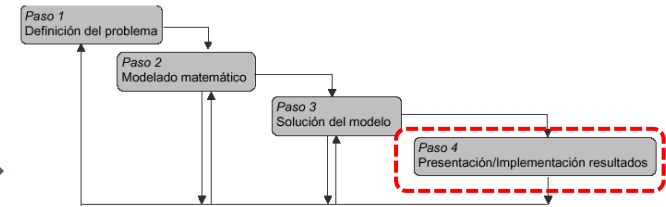
Paso 2. Vigilar el proceso de implementación de la solución propuesta

#### 1. Preparar informes y/o presentaciones

- La **comunicación efectiva** de los resultados de un estudio es esencial para el éxito del mismo



# Anexo: Fases de IO



## PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

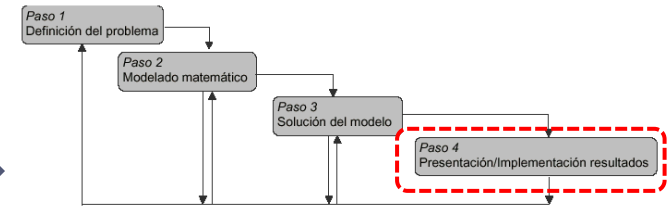
Paso 1. Preparar informes y/o presentaciones

Paso 2. Vigilar el proceso de implementación de la solución propuesta

### 2. Vigilar el proceso de implementación

- ▶ Una vez que se ha emitido el informe o se ha hecho la presentación y aprobado el estudio, debe **implementarse la solución propuesta**, que a veces puede suponer cambios conflictivos y encontrar resistencia en los miembros de la empresa
- ▶ Implantación: **Solución informática** para automatizar la optimización del problema. En muchos casos se instala un **sistema interactivo de ayuda a la toma de decisiones (DSS)**, para ayudar a la gerencia a usar datos y modelos para apoyar (**no para sustituir**) su toma de decisiones

# Anexo: Fases de IO



- **Una vez implementada la solución, debe ser supervisada de forma continua.** Dada la naturaleza dinámica y cambiante de la mayoría de las empresas, es casi inevitable que haya que realizar cambios en el modelo. Es necesario estar preparado para saber cuándo ha llegado el momento de cambiar y para realizar dichos cambios