

# **Investigación de Operaciones. Clase 1: Introducción**

**Profesor Wladimir Soto**

**31 de Agosto de 2020**

## Horario

Cátedra	Lunes	Teams	17:55 hrs a 18:55 hrs
	Miercoles	Teams	14:30 hrs a 16:30 hrs
Ayudantía	Por Definir	Por Definir	Por Definir

# Horario

Lunes a Viernes : Horario a Convenir.

Tercer Piso Facultad de Ingeniería

Mail Contacto: [wsoto@ucm.cl](mailto:wsoto@ucm.cl)

**Personal:** [soto.wladimir@gmail.com](mailto:soto.wladimir@gmail.com)

# ¿Que es la Investigación de Operaciones (IO)?

- Una definición que se acerca mucho a la realidad sería “La ciencia de la toma de decisiones”.
- Se aplica a problemas que se refieren a la conducción y coordinación de operaciones (o actividades) dentro de una organización.
- Busca una solución optima

## Historia

- Inicia a principios de la segunda guerra mundial.
- Asigna recursos bélicos escasos de la forma mas eficiente.
- Fue fundamental en la “Explosión Industrial” post guerra”.
- Empuje con la “Revolución de las computadoras”.

# Áreas de Aplicación

- Manufactura
- Transporte
- Construcción
- Telecomunicaciones
- Planeación Financiera
- Cuidado de la salud
- Milicia
- Servicios públicos, etc.

## Áreas de Aplicación



## Ciclo para resolver un problema

MODELERS

**MATHEMATICAL  
MODELING PROCESS**

**ALGEBRAIC  
MODEL**

OPTMER(P): =

Maximizar RMin

sujeito a:

$$RMin \leq \sum_{d=1}^D (\sum_{b=1}^B (\sum_{t=1}^T (DEM_{d,b,t} - DNS^{*}_{d,b,t}) P_{d,b,t}) + (VBOLSA^{*}_{d,b,t} - VBOLSA_{d,b,t}) CM^{d,b,t} - ECP_{d,b,t} PPO + VBOLSA^{*}_{d,b,t} CPO_{d,b,t} - VENE_t PFL) \quad \forall h,d$$

$$VBOLSA^{*}_{d,b,t} - VBOLSA_{d,b,t} = H_{d,b,t} + T_{d,b,t} - \sum_{c=1}^C (DEM_{d,b,t} - DNS^{*}_{d,b,t}) \quad \forall h,d,b,t$$

$$DNS^{*}_{d,b,t} - DNS_{d,b,t} = DEM_{d,b,t} - EV_{d,b,t} \quad \forall c,d,b,t$$

$$ECP_{d,b,t} \geq \sum_{c=1}^C LNC EV_{d,b,t} - DHI_{d,b,t} - CT_{d,b,t} \quad \forall h,b$$

$$VENE_t \geq \sum_{d=1}^D (\sum_{b=1}^B (\sum_{t=1}^T LNC EV_{d,b,t} - CT_{d,b,t}) - EF_t) \quad \forall t$$

$$VENE_t \geq 0 \quad \forall t$$

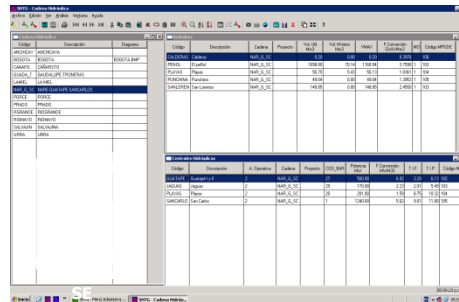
$$EV_{d,b,t} \geq 0 \quad \forall c,d,b,t$$

$$ECP_{d,b,t} \geq 0 \quad \forall h,d,b,t$$

$$DNS^{*}_{d,b,t}, DNS_{d,b,t} \geq 0 \quad \forall c,d,b,t$$

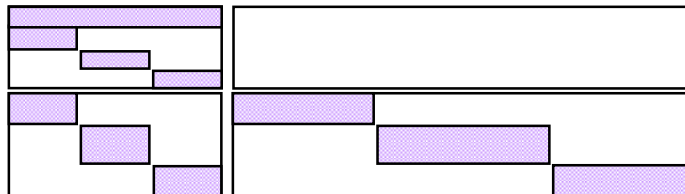
$$VBOLSA^{*}_{d,b,t}, VBOLSA_{d,b,t} \geq 0 \quad \forall h,d,b,t$$

**DATA MODEL**



Variable	Valor	Unidad	Restricción	Valor	Unidad	Restricción
DEM	1000	kg	1	1000	kg	1
DNS	500	kg	2	500	kg	2
VBOLSA	200	kg	3	200	kg	3
ECP	10	kg	4	10	kg	4
VENE	5	kg	5	5	kg	5

**MATRIX  
GENERATION**




**DECISION**





## Ejemplo - Problema

### 1.- Levantamiento de la información del problema

Supondremos el siguiente escenario:

- ✓ Poseemos 3 camiones del mismo tipo.
- ✓ Poseemos 9 clientes cada uno con distintas demandas a satisfacer: 11, 35, 2, 9, 3, 18, 8, 10, 11 respectivamente.
- ✓ Cada camión tiene una ventana tiempo de 0 a 400 minutos para atender las diferentes ciudades.
- ✓ Cada camión debe volver al almacén de origen después de completar su ruta.
- ✓ Sabemos la distancia entre las ciudades.

El objetivo es saber que ruta debe seguir específicamente cada camión y además poder determinar exactamente cuando un bus debiera llegar a una ciudad específica.

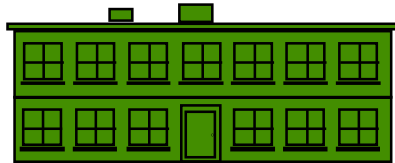
## Ejemplo - Problema



C1

C2

C3



1



2



3



4



5



6



7



8



9



# Ejemplo - Modelo

$$\text{Minimizar } z = \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ijk} \quad (1)$$

s.a.

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in N} x_{ijk} = 1, \quad \forall i \in C, \quad (2)$$

$$\sum_{i \in C} d_i \sum_{j \in N} x_{ijk} \leq Q, \quad \forall k \in K, \quad (3)$$

$$\sum_{j \in N} x_{0jk} = 1, \quad \forall k \in K, \quad (5)$$

$$\sum_{i \in N} x_{ihk} - \sum_{j \in N} x_{hjk} = 0, \quad \forall h \in C, k \in K, \quad (6)$$

$$\sum_{i \in N} x_{i,n+1,k} = 1, \quad \forall k \in K, \quad (7)$$

$$a_i \leq s_{ik} \leq b_i, \quad \forall i \in N - \{0\}, \forall k \in K, \quad (11)$$

$$s_{ik} + t_{ij} \leq s_{jk} + M_{ij}(1 - x_{ijk}), \quad \forall (i,j) \in A, k \in K, \quad (12)$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\}, \quad \forall (i,j) \in A, k \in K.$$

- Sea  $G = \{N, A\}$  un grafo orientado completo,
- $N = C \cup \{0, n+1\}$ ,
- $C = \{1, \dots, n\}$ , conjunto de nodos que representan los  $n$  clientes,
- 0 y  $n+1$  representan el depósito,
- $K$ , conjunto de vehículos,
- $A = \{(i,j): i,j \in N, i \neq j, i \neq n+1, j \neq 0\}$ ,
- $x_{ijk} = \{1, 0\}$ ;  $x_{ijk} = 1$  si el vehículo  $k$  viaja desde el cliente  $i$  al cliente  $j$  y  $x_{ijk} = 0$  en caso contrario,
- $c_{ij}$  corresponde al costo o distancia, de viajar desde el cliente  $i$  al cliente  $j$ ,
- $t_{ij}$  corresponde al tiempo de viaje desde el cliente  $i$  al cliente  $j$ , incluyendo el tiempo de servicio del cliente  $i$ ,
- $d_i$  es la demanda del cliente  $i$ .

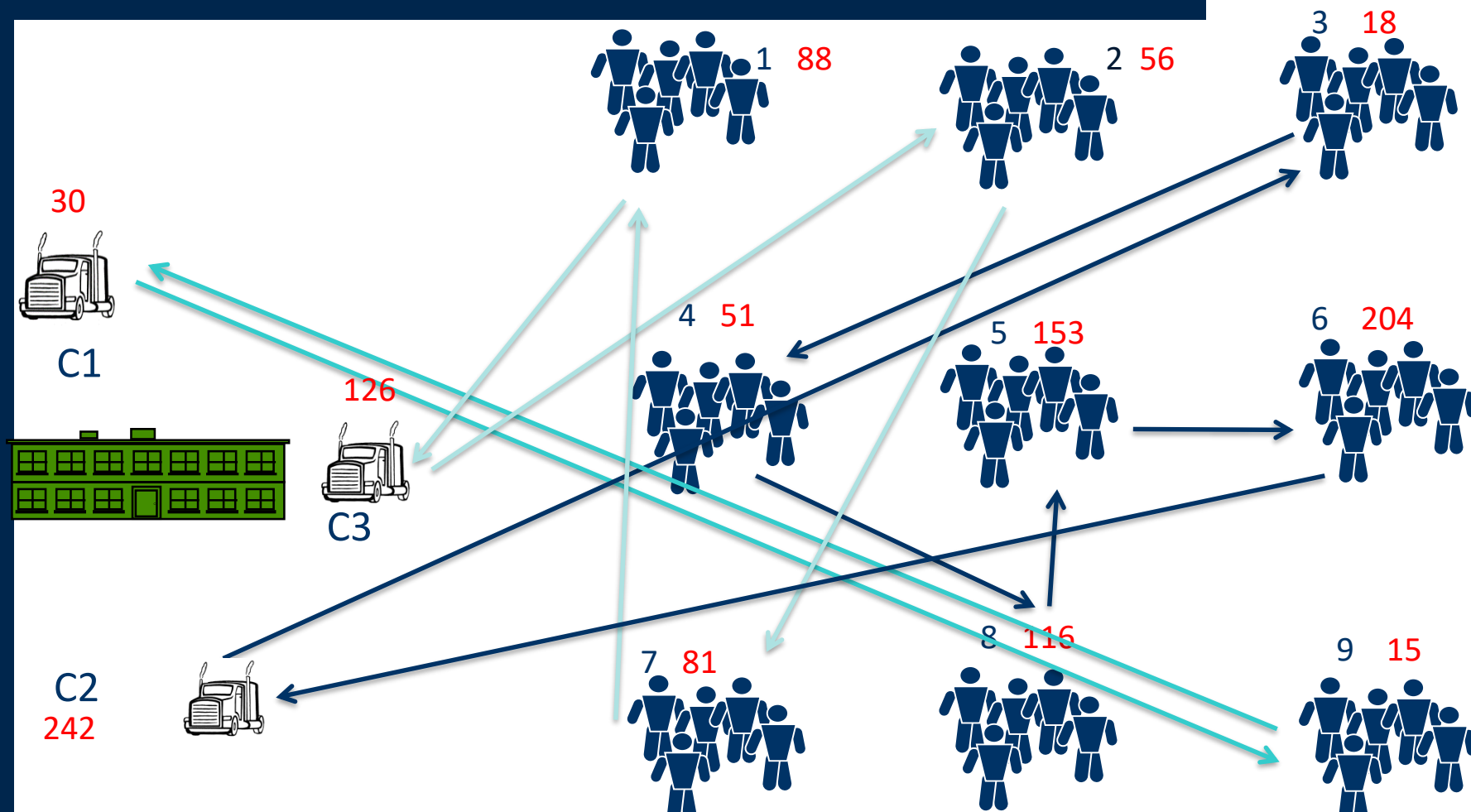
# Ejemplo - Resultado

## 4.- Resultado

Función Objetivo : 398

$$\begin{array}{l}
 X = \begin{array}{l}
 [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] \\
 [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 1] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] \\
 [0\ 0\ 1] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] \\
 [0\ 1\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] \\
 [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 1\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] \\
 [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 1\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] \\
 [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 1\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] \\
 [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 1] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] \\
 [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 1\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] \\
 [1\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] \\
 [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 1] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 1\ 0] [0\ 0\ 0] [0\ 0\ 0] [1\ 0\ 0] [0\ 0\ 0]
 \end{array}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 S = \begin{array}{l}
 [0\ 0\ 0] \\
 [0\ 0\ 88] \\
 [0\ 0\ 56] \\
 [0\ 18\ 0] \\
 [0\ 51\ 0] \\
 [0\ 153\ 0] \\
 [0\ 204\ 0] \\
 [0\ 0\ 81] \\
 [0\ 116\ 0] \\
 [15\ 0\ 0] \\
 [30\ 242\ 126]
 \end{array}
 \end{array}$$

# Ejemplo . -Conclusión- Interpretación



# Contribución a la Formación

- Desarrollo de competencias relacionadas a la utilización de herramientas para la modelación y optimización de situaciones reales.

# Competencias a desarrollar

- Desarrollar en el alumno la capacidad de formular problemas reales, crear modelos matemáticos optimizantes, y resolver e interpretar resultados para la toma de decisiones con la ayuda de software de optimización.

# Subcompetencias a desarrollar

- Conocer e interpretar correctamente problemas reales de optimización relacionados con: producción, distribución y almacenamiento de bienes, asignación de recursos.
- Construir modelos matemáticos para los problemas antes mencionados.



# Subcompetencias a desarrollar

- Uso de software de optimización en la resolución de problemas.
- Interpretar y analizar los resultados obtenidos para la toma de decisiones.

# Unidades de Aprendizaje

- Introducción a la Investigación de Operaciones y la Modelación.
- Programación Lineal y Lineal Entera Mixta.
- Método de Solución Para Problemas de Programación Lineal.
- Formulación y Algoritmos de Flujo en Redes.
- Trabajo Final Integrador

# Metodología a Utilizar

- Clases teóricas expositivas
- Formulación y resolución de problemas en clases
- Resolución de problemas mediante software computacional.
- Resolución de guías de ejercicios en ayudantía
- Controles en clases.
- Resolución de tarea y trabajo en grupo.
- Trabajo autónomo por parte del alumno.

# Evaluaciones Del Aprendizaje

- Control N°1
- Prueba N°1
- Control N°2
- Prueba N°2
- Taller uso de software de optimización
- Informe y presentación Trabajo Final
- Evaluaciones Recuperativas (Prueba o Control)

## Fechas Evaluaciones

Evaluaciones	Porcentaje	Fecha	Hora	Sala
Control 1	5%	Lunes 21 de septiembre	17:50 hrs.	UCM Virtual
Prueba 1	20	Miércoles 07 de octubre	14:30 hrs.	UCM Virtual
Control 2	5%	Miércoles 28 de octubre	14:30 hrs.	UCM Virtual
Prueba 2	20%	Miércoles 02 de diciembre	14:30 hrs.	UCM Virtual
Taller Software	20%	Miércoles 16 de diciembre	14:30 hrs.	UCM Virtual
Trabajo Final				
Informe Final	20%	Miércoles 23 de diciembre	14:30 hrs.	UCM Virtual
Pres. Final	10%	Miércoles 23 de diciembre	14:30 hrs.	UCM Virtual
P. Recuperativa		Lunes 21 de diciembre	16:50 hrs.	UCM Virtual

# Bibliografía

- **Obligatoria:**

- **Winston, Wayne, 2004, Investigación de Operaciones, Aplicaciones y Algoritmos, 4º Edición, Thomson.**

- Hillier, Frederick, Lieberman, Gerald, 2003, Introducción a la Investigación de Operaciones, 7º Edición, McGraw Hill.

- Taha, Hamdy A., 2004, Investigación de Operaciones, 7º Edición, Prentice Hall.

# Bibliografía

- **Complementaria:**

- Bronson, Richard, 1993, *Investigación de Operaciones*, 1ª Edición, McGraw–Hill Interamericana, México
- Bazaraa, Mokhtar S., Jarvis, John J., Sherali, Hanif D., 1999, *Programación Lineal y Flujo en Redes*, 2º Edición, Limusa Noriega Editores.
- Luenberger, D.G, 2000, *Programación lineal y no lineal*, Addison-Wesley.