

Examen 9

Investigación de operaciones

Jonathan Sánchez Loaiza

Nathán Muriel Rojas

Verano 2025

Prof Ivannia Cerdas

Pregunta #1 25ptos

Objetivo Transporte=>Esquina Noroeste-Costo Mínimo-Vogel

Origen Almacenes	Cliente1 C1	Cliente2 C2	Cliente3 C3	Cliente4 C4	Oferta
A1	46	64	28	85	700
A2	34	31	40	64	1600
A3	52	49	43	70	1000
Demanda	640	1060	400	1200	?

- a. Método de Transporte que se indica
- b. Después del transporte. ¿Verificar degradación?
- c. En caso de presentar degradación, realizar el balance

Origen	C1	C2	C3	C4	Oferta
A1	46 640	67	28	85	700 60
A2	34	31	40	64	1600
A3	52	49	43	70	1000
Demanda	640 0	1060	400	1200	

Origen	C1	C2	C3	C4	Oferta
A1	46 640	67 60	28	85	700 60/0
A2	34	31	40	64	1600
A3	52	49	43	70	1000
Demanda	640 0	1060 1000	400	1200	

Origen	C1	C2	C3	C4	Oferta
A1	46 640	67 60	28	85	700 60/0
A2	34	31 1000	40	64	1600 600
A3	52	49	43	70	1000
Demanda	640 0	1060 1000/0	400	1200	

Origen	C1	C2	C3	C4	Oferta
A1	76 690	67 60	28	85	700 60/0
A2	34	31 1000	90 400	67	1600 600/1200
A3	52	79	93	70	1000
Demanda	690 0	1060 1000/10	900 0	1200 1000	

Origen	C1	C2	C3	C4	Oferta
A1	76 690	67 60	28	85	700 60/0
A2	34	31 1000	90 400	67 200	1600 600/1200/0
A3	52	79	93	70	1000
Demanda	690 0	1060 1000/0	900 0	1200 1000	

Origen	C1	C2	C3	C4	Oferta
A1	76 690	67 60	28	85	700 60/0
A2	34	31 1000	90 400	67 200	1600 600/1200/0
A3	52	79	93	70 1000	1000 0
Demanda	690 0	1060 1000/0	900 0	1200 1000/0	

## Costos de distribución:

VD	Actividad de la V	Costo, Unidad	Contribución T
X1,1	690	76	$690 \cdot 76 = 29470$
X1,2	60	64	$60 \cdot 64 = 3840$
X1,3	0	28	$0 \cdot 28 = 0$
X1,7	0	85	$0 \cdot 85 = 0$
X2,1	0	39	$0 \cdot 39 = 0$
X2,2	1000	33	$1000 \cdot 33 = 33000$
X2,3	400	40	$400 \cdot 40 = 16000$
X2,7	200	64	$200 \cdot 64 = 12800$
X3,1	0	52	$0 \cdot 52 = 0$
X3,2	0	49	$0 \cdot 49 = 0$
X3,3	0	43	$0 \cdot 43 = 0$
X3,7	1000	70	$1000 \cdot 70 = 70000$
Total			163080

Degradoación: Número de almacenes + número de clientes - 1

$$= 3 + 7 - 1 = 6 \rightarrow \text{misma cantidad de casillas}$$

{ 1) No presenta degradación y el costo total de transporte es de 163080 }

Ahora el costo minimo

Origen	C1	C2	C3	C4	Oferta
A1	46	67	28 400	85	700 300
A2	34	31	90	67	1600
A3	52	49	93	70	1000
Demanda	670	1060	900 0	1200	

Origen	C1	C2	C3	C4	Oferta
A1	46	67	28 400	85	700 300
A2	34	31 1060	90	67	1600 540
A3	52	49	93	70	1000
Demanda	670	1060 0	900 0	1200	

Origen	C1	C2	C3	C4	Oferta
A1	46	67	28 400	85	700 300
A2	34 540	31 1060	90	67	1600 540/0
A3	52	49	93	70	1000
Demanda	670 100	1060 0	900 0	1200	

Origen	C1	C2	C3	C4	Oferta
A1	46 100	67	28 400	85	700 300/200
A2	34 540	31 1060	90	67	1600 540/0
A3	52	49	93	70	1000
Demanda	670 100/0	1060 0	900 0	1200	

Origen	C1	C2	C3	C4	O Ferta
A1	76 100	67	28 400	85	700 300/200
A2	34 540	31 1060	70	67	1600 540/0
A3	52	79	73	70 1000	1000 0
Demanda	670 100/0	1060 0	700 0	1200 200	

Origen	C1	C2	C3	C4	O Ferta
A1	76 100	67	28 400	85 200	700 300/200/0
A2	34 540	31 1060	70	67	1600 540/0
A3	52	79	73	70 1000	1000 0
Demanda	670 100/0	1060 0	700 0	1200 200/0	

III/ Revisando las filas y columnas se puede decir que se completaron los valores de demanda y oferta respectivamente

## Costos de distribucion;

VD	Actividad de la V	Costo, Unidad	Contribucion T
X <sub>1,1</sub>	100	96	$100 \cdot 96 = 9600$
X <sub>1,2</sub>	0	64	$0 \cdot 64 = 0$
X <sub>1,3</sub>	400	28	$400 \cdot 28 = 11200$
X <sub>1,4</sub>	200	85	$200 \cdot 85 = 17000$
X <sub>2,1</sub>	540	39	$540 \cdot 39 = 21260$
X <sub>2,2</sub>	1060	37	$1060 \cdot 37 = 32860$
X <sub>2,3</sub>	0	40	$0 \cdot 40 = 0$
X <sub>2,4</sub>	0	64	$0 \cdot 64 = 0$
X <sub>3,1</sub>	0	52	$0 \cdot 52 = 0$
X <sub>3,2</sub>	0	99	$0 \cdot 99 = 0$
X <sub>3,3</sub>	0	43	$0 \cdot 43 = 0$
X <sub>3,4</sub>	1000	70	$1000 \cdot 70 = 70000$
Total			154020

Degradoacion: Numero de almacenes + numero de clientes - 1

$$= 3 + 4 - 1 = 6 \rightarrow \text{misma cantidad de casillas}$$

} No presenta degradacion y el costo total de transporte es de 154020

Ahora vogel

Origen	C1	C2	C3	C4	Penalización	Oferenda
A1	96	67	28	85		700
A2	34	31	70	67		1600
A3	52	79	73	70		1000
Penalización						
Demanda	670	1060	900	1200		

Origen	C1	C2	C3	C4	Penalización	Oferenda
A1	96	67	28	85	28-96=18	700
A2	34	31	70	67	31-34=3	1600 590
A3	52	79	73	70	73-79=6	1000
Penalización	96-34=72	31-79=18	28-70=12	67-70=6	—	
Demanda	670	1060	900	1200	—	

Origen	C1	C2	C3	C4	Penalización	Oferenda
A1	96	67	28	85	28-96=18	700 300
A2	34	31	70	67	34-70=6	1600 590
A3	52	79	73	70	52-73=9	1000
Penalización	96-34=72	31-79=18	28-70=12	67-70=6	—	
Demanda	670	1060	900	1200	—	

Origen	C1	C2	C3	C4	Penalización	Oferenda
A1	196 300	67	28	85	96-85=11	700 300 / 0
A2	34	31	70	67	34-67=30	1600 590
A3	52	79	73	70	52-70=18	1000
Penalización	96-34=72	31-79=18	28-70=12	67-70=6	—	
Demanda	670 340	1060	900	1200	—	

Origen	C1	C2	C3	C4	Penalización	Oferenda
A1	76 300	67	28 400	85	76-85=39	700 300/0
A2	34 340	31 1060	70	67	34-67=30	1600 590/200
A3	52	49	73	70	52-70=18	1000
Penalización	34-52=18	31-49=18	28-70=12	67-70=6	—	—
Demanda	670 340/0	1060 0	900 0	1200 200	—	—

Origen	C1	C2	C3	C4	Penalización	Oferenda
A1	76 300	67	28 400	85	76-85=39	700 300/0
A2	34 340	31 1060	70	67	67	1600 590/200
A3	52	49	73	70 1000	70	1000 0
Penalización	34-52=18	31-49=18	28-70=12	67-70=6	—	—
Demanda	670 340/0	1060 0	900 0	1200 200	—	—

Origen	C1	C2	C3	C4	Penalización	Oferenda
A1	76 300	67	28 400	85	76-85=39	700 300/0
A2	34 340	31 1060	70	67 200	67	1600 590/200
A3	52	49	73	70 1000	70	1000 0
Penalización	34-52=18	31-49=18	28-70=12	67	—	—
Demanda	670 340/0	1060 0	900 0	1200 200/0	—	—

## Costos de distribución:

VD	Actividad de la V	Costo, Unidad	Contribución T
X1,1	350	76	$350 \cdot 76 = 13800$
X1,2	0	67	$0 \cdot 67 = 0$
X1,3	400	28	$400 \cdot 28 = 11200$
X1,4	0	85	$0 \cdot 85 = 0$
X2,1	390	39	$390 \cdot 39 = 11560$
X2,2	1060	33	$1060 \cdot 33 = 32860$
X2,3	0	40	$0 \cdot 40 = 0$
X2,4	200	67	$200 \cdot 67 = 12800$
X3,1	0	52	$0 \cdot 52 = 0$
X3,2	0	79	$0 \cdot 79 = 0$
X3,3	0	43	$0 \cdot 43 = 0$
X3,4	1000	70	$1000 \cdot 70 = 70000$
Total			152220

Degradoación: Número de almacenes + número de clientes - 1

$$= 3 + 7 - 1 = 6 \rightarrow \text{misma cantidad de casillas}$$

{ No presenta degradación y el costo total de transporte es de 152220 }

Respuesta general /

El costo total del metodo Vogel es  
de 15220

El costo total del metodo de costo minimo es  
de 154020

El costo total del metodo esquina noreste es  
de 163080

Pregunta #2 25pts

Objetivo Programación Dinámica=> Número de Empleados

Una empresa dedicada a la fabricación de piezas de carro iniciara un nuevo proyecto, su Gerente de Recursos Humanos estima las necesidades de personal durante las próximas 11 semanas serán 6,9,6,11,8,7,4,2,8,3,7 trabajadores, respectivamente. La mano de obra en exceso que se conserve le costará \$550(C1) por trabajador semanalmente, y la nueva contratación en cualquier semana tendrá un costo fijo de \$225 y \$350 (C2). La duración del proyecto de acuerdo con la información que le presenta en la siguiente tabla, necesita su recomendación antes de iniciar el proyecto.

Semana	Fuerza Laboral	Rangos	b <sub>i</sub>
1	6		b <sub>1</sub>
2	9		b <sub>2</sub>
3	6		b <sub>3</sub>
4	11		b <sub>4</sub>
5	8		b <sub>5</sub>
6	7		b <sub>6</sub>
7	4		b <sub>7</sub>
8	2		b <sub>8</sub>
9	8		b <sub>9</sub>
10	3		b <sub>10</sub>
11	7		b <sub>11</sub>

- a. Rango
- b. Todas las tablas
- c. Decisión para el gerente, comparando las estimaciones y los resultados de su análisis
- d. Respuesta, con el costo

Semana	Fuerza Laboral	Rangos	b <sub>i</sub>
1	6	0	b <sub>1</sub>
2	9	6,7,8,9,10,11	b <sub>2</sub>
3	6	9	b <sub>3</sub>
4	11	6,7,8,9,10,11	b <sub>4</sub>
5	8	11	b <sub>5</sub>
6	7	8	b <sub>6</sub>
7	4	7,8	b <sub>7</sub>
8	2	7,8,6,7,8	b <sub>8</sub>
9	8	2,3,7,8,6,7,8	b <sub>9</sub>
10	3	8	b <sub>10</sub>
11	7	3,7,5,6,7,8	b <sub>11</sub>

$$\text{Costo de exceso: } C_1(x_i - b_i) = C_1 = 550$$

$$\text{Costo de Contratacion: } C_2(x_i - x_{i-1}) = 350$$

$$\text{Costo de Contratacion: } 225$$

## Etapas II:

$$b_i = 7 \rightarrow SSO(x_i - b_i) + [225 + 350(x_i - x_{i-1})] + f_{II}(x_{10})$$

$(x_{i-1})$	$x_{10} = 7$ (require)	$f_{II}(x_{10})$	$x_{11}$
$x_{10}$	$SSO(x_i - b_i) + [225 + 350(x_i - x_{i-1})]$		
3	$SSO(7-7) + [225 + 350(7-3)] = 1625$	1625	7
4	$SSO(7-7) + [225 + 350(7-4)] = 1275$	1275	7
5	$SSO(7-7) + [225 + 350(7-5)] = 925$	925	7
6	$SSO(7-7) + [225 + 350(7-6)] = 575$	575	7
7	$SSO(7-7) + 0 + 0 = 0$	0	7

## Etapas Ia:

$$b_i = 3 \rightarrow SSO(x_i - b_i) + [225 + 350(x_i - x_{i-1})] + f_{II}(x_{10})$$

$(x_{i-1})$	$x_{10} = 3$	$x_{10} = 4$	$x_{10} = 5$	$x_{10} = 6$	$x_{10} = 7$	$f_{II}(x_{10})$	$x^*_{10}$
8	$SSO(3-3)$ + 0 + 1625 = 1625	$SSO(4-3)$ + 0 + 1275 = 1825	$SSO(5-3)$ + 0 + 925 = 2025	$SSO(6-3)$ + 0 + 575 = 2225	$SSO(7-3)$ + 0 + 0 = 2200		3

Etapa 9:

$$b_i = 8 \rightarrow 550(x_i - b_i) + [225 + 350(x_i - x_{i-1})] + f_{10}(x_9)$$

$(x_i - 1)$

$x_8$	$x_9 = 8$	$f_9(x_8)$	$x^* 9$
2	$550(8-8) + [225 + 350(8-2)] + 1625 = 3950$	3950	8
3	$550(8-8) + [225 + 350(8-3)] + 1625 = 3600$	3600	8
4	$550(8-8) + [225 + 350(8-4)] + 1625 = 3250$	3250	8
5	$550(8-8) + [225 + 350(8-5)] + 1625 = 2900$	2900	8
6	$550(8-8) + [225 + 350(8-6)] + 1625 = 2550$	2550	8
7	$550(8-8) + [225 + 350(8-7)] + 1625 = 2200$	2200	8
8	$550(8-8) + 0 + 0 + 1625$	1625	8

## Etapa 8 :

$$b_{i=2} \rightarrow 550(x_i - b_i) + [225 + 350(x_i - x_{i-1})] + f_9(x_8)$$

Como la tabla es muy grande las columnas  $f_8(x_7)$  y  $x^*8$  se haran aparte

$(x_{i-1})$

	$x_7$	$x_8 = 2$	$x_8 = 3$	$x_8 = 4$	$x_8 = 5$	$x_8 = 6$	$x_8 = 7$	$x_8 = 8$
4	$550(2-2) + 0 + 3950$ = 3950	$550(3-2) + 0 + 3600$ = 4150	$550(4-2) + 0 + 3250$ = 4350	$1650 + [225 + 350 \cdot 1] + 2900$ = 5125	$2200 + [225 + 350 \cdot 2] + 2550$ = 5675	$2750 + [225 + 350 \cdot 3] + 2200$ = 6225	$3300 + [225 + 350 \cdot 4] + 1625$ = 6550	
5	$550(2-2) + 0 + 3950$ = 3950	$550(3-2) + 0 + 3600$ = 4150	$550(4-2) + 0 + 3250$ = 4350	$550 + [225 + 350 \cdot 1] + 2900$ = 4550	$2200 + [225 + 350 \cdot 2] + 2550$ = 5325	$350 + [225 + 350 \cdot 3] + 2200$ = 5875	$3300 + [225 + 350 \cdot 4] + 1625$ = 6200	
6	$550(2-2) + 0 + 3950$ = 3950	$550(3-2) + 0 + 3600$ = 4150	$550(4-2) + 0 + 3250$ = 4350	$550 + [225 + 350 \cdot 1] + 2900$ = 4550	$550 + [225 + 350 \cdot 2] + 2550$ = 4750	$2750 + [225 + 350 \cdot 3] + 2200$ = 5525	$3300 + [225 + 350 \cdot 4] + 1625$ = 5850	
7	$550(2-2) + 0 + 3950$ = 3950	$550(3-2) + 0 + 3600$ = 4150	$550(4-2) + 0 + 3250$ = 4350	$550 + [225 + 350 \cdot 1] + 2900$ = 4550	$550 + [225 + 350 \cdot 2] + 2550$ = 4750	$550 + [225 + 350 \cdot 3] + 2200$ = 4950	$3300 + [225 + 350 \cdot 4] + 1625$ = 5500	
8	$550(2-2) + 0 + 3950$ = 3950	$550(3-2) + 0 + 3600$ = 4150	$550(4-2) + 0 + 3250$ = 4350	$550 + [225 + 350 \cdot 1] + 2900$ = 4550	$550 + [225 + 350 \cdot 2] + 2550$ = 4750	$550 + [225 + 350 \cdot 3] + 2200$ = 4950	$550 + [225 + 350 \cdot 4] + 1625$ = 4925	

$f_8(x_7)$	$x^*8$
3950	2
3950	2
3950	2
3950	2
3950	2

Etapa 7 :

$$b_i=4 \rightarrow SSO(x_i - b_i) + [225 + 350(x_i - x_{i-1})] + f_8(x_7)$$

( $x_{i-1}$ )

$x_6$	$x_7 = 4$	$x_7 = 5$	$x_7 = 6$	$x_7 = 7$	$x_7 = 8$	$f_7(x_6)$	$x^*_7$
7	$SSO(4-4) + 0 + 3950$ = 3950	$SSO(5-4) + 0 + 3950$ = 7500	$SSO(6-4) + 0 + 3950$ = 5050	$SSO(7-4) + 0 + 3950$ = 5600	$2200 + 225 + SSO(8-4) + 0 + 3950$ = 6725	3950	7
8	$SSO(7-4) + 0 + 3950$ = 3950	$SSO(8-4) + 0 + 3950$ = 7500	$SSO(6-4) + 0 + 3950$ = 5050	$SSO(7-4) + 0 + 3950$ = 5600	$SSO(8-4) + 0 + 3950$ = 6150	3950	7

Etapa 6 :

$$b_i=7 \rightarrow SSO(x_i - b_i) + [225 + 350(x_i - x_{i-1})] + f_7(x_6)$$

( $x_{i-1}$ )

$x_5$	$x_6 = 7$	$x_6 = 8$	$f_6(x_5)$	$x^*_6$
8	$SSO(7-7) + 0 + 3950$ = 3950	$SSO(8-7) + 0 + 3950$ = 4500	3950	7

Etapa 5 :

$$b_i=8 \rightarrow SSO(x_i - b_i) + [225 + 350(x_i - x_{i-1})] + f_6(x_5)$$

( $x_{i-1}$ )

$x_4$	$x_5 = 8$	$f_5(x_4)$	$x^*_5$
7	$SSO(8-8) + 0 + 3950$ = 3950	3950	8

Etapa 4:

$$G_i = II \rightarrow SSO(x_i - b_i) + [225 + 350(x_i - x_{i-1})] + f_5(x_4)$$

$(x_i - 1)$

$x_3$	$x_4 = II$	$f_4(x_3)$	$x^*_4$
6	$SSO(II - II) + [225 + 350(II - 6)] + 3950 = 5925$	5925	II
7	$SSO(II - II) + [225 + 350(II - 7)] + 3950 = 5575$	5575	II
8	$SSO(II - II) + [225 + 350(II - 8)] + 3950 = 5225$	5225	II
9	$SSO(II - II) + [225 + 350(II - 9)] + 3950 = 4875$	4875	II
10	$SSO(II - II) + [225 + 350(II - 10)] + 3950 = 4525$	4525	II
11	$SSO(II - II) + 0 + 0 + 3950 = 3950$	3950	II

Etapa 3:

$$b_i=6 \rightarrow 550(x_i - b_i) + [225 + 350(x_i - x_{i-1})] + f_4(x_3)$$

Como la tabla es muy grande las columnas  $f_3(x_2)$  y  $x^*3$  se haran aparte

$(x_i - 1)$

$x_2$	$x_3 = 6$	$x_3 = 7$	$x_3 = 8$	$x_3 = 9$	$x_3 = 10$	$x_3 = 11$
9	$550(6-6) + 6 + 5925$ = 5925	$550(7-6) + 6 + 5575$ = 6125	$550(8-6) + 6 + 5225$ = 6325	$550(9-6) + 6 + 4875$ = 6525	$2200 + 225 + 550.1 + 4525$ = 7300	$2750 + 225 + 550.2 + 3950$ = 7625
10	$550(6-6) + 6 + 5925$ = 5925	$550(7-6) + 6 + 5575$ = 6125	$550(8-6) + 6 + 5225$ = 6325	$550(9-6) + 6 + 4875$ = 6525	$550(10-6) + 6 + 4525$ = 6725	$2750 + 225 + 550.1 + 3950$ = 7275
11	$550(6-6) + 6 + 5925$ = 5925	$550(7-6) + 6 + 5575$ = 6125	$550(8-6) + 6 + 5225$ = 6325	$550(9-6) + 6 + 4875$ = 6525	$550(10-6) + 6 + 4525$ = 6725	$550(11-6) + 6 + 3950$ = 6700

$f_3(x_2)$	$x^*3$
5925	6
5925	6
5925	6

Etapa 2:

$$6 \rightarrow 550(x_1 - b_1) + [225 + 350(x_1 - x_{1-1})] + f_3(x_2)$$

$(x_1 - 1)$

$x_1$	$x_2 = 9$	$x_2 = 10$	$x_2 = 11$	$f_2(x_1)$	$x^*_{\text{2}}$
6	$550(9-9) + 225 +$ $350 \cdot 3] + 5925$ $= 7200$	$550(10-9) + 225 +$ $350 \cdot 4] + 5925$ $= 8100$	$550(11-9) + 225 +$ $350 \cdot 5] + 5925$ $= 9025$	7200	9
7	$550(9-9) + 225 +$ $350 \cdot 2] + 5925$ $= 6850$	$550(10-9) + 225 +$ $350 \cdot 3] + 5925$ $= 7750$	$550(11-9) + 225 +$ $350 \cdot 4] + 5925$ $= 8650$	6850	9
8	$550(9-9) + 225 +$ $350 \cdot 1] + 5925$ $= 6500$	$550(10-9) + 225 +$ $350 \cdot 2] + 5925$ $= 7900$	$550(11-9) + 225 +$ $350 \cdot 3] + 5925$ $= 8300$	6500	9
9	$550(9-9) + 0$ $+ 5925$ $= 5925$	$550(10-9) + 225 +$ $350 \cdot 1] + 5925$ $= 7050$	$550(11-9) + 225 +$ $350 \cdot 2] + 5925$ $= 7950$	5925	9
10	$550(9-9) + 0$ $+ 5925$ $= 5925$	$550(10-9) + 0 +$ $5925$ $= 6475$	$550(11-9) + 225 +$ $350 \cdot 1] + 5925$ $= 7600$	5925	9
11	$550(9-9) + 0$ $+ 5925$ $= 5925$	$550(10-9) + 0 +$ $5925$ $= 6475$	$550(11-9) + 0 +$ $5925$ $= 7025$	5925	9

Etapa I :

$$G_i = S \rightarrow SSO(x_i - b_i) + [225 + 350(x_i - x_{i-1})] + f_2(x_i)$$

Como la tabla es muy grande las columnas  $f_1(x_0)$  y  $x^{*}_I$  se haran aparte

$(x_i - 1)$

$x_0$	$x_I = 6$	$x_I = 7$	$x_I = 8$	$x_I = 9$	$x_I = 10$	$x_I = 11$
0	$0 + 225 +$ $350 \cdot 6 + 7200$ $= 9525$	$SSO + 225 +$ $350 \cdot 7 + 6850$ $= 10075$	$1100 + 225 +$ $350 \cdot 8 + 6500$ $= 10625$	$1650 + 225 +$ $350 \cdot 9 + 5925$ $= 10950$	$2200 + 225 +$ $350 \cdot 10 + 5925$ $= 11850$	$2750 + 225 +$ $350 \cdot 11 + 5925$ $= 12750$

$f_1(x_0)$	$x^{*}_I$
9525	6

R/

Semana	Fuerza laboral	Modelo estimacion
1	6	6 Contrata 6
2	9	9 Contrata 3
3	6	6 despide 3
7	11	11 Contrata 5
5	8	8 despide 3
6	7	7 despide 1
7	4	4 despide 3
8	2	2 despide 2
9	8	8 Contrata 6
10	3	3 despide 5
11	7	7 Contrata 4

Costo total: 9525

### Pregunta #3

Transporte → Stepping Stone-MODI

	D1	D2	D3	D4	Oferta
F1	25	47	12	75	650
F2	20	20	34	54	1600
F3	35	35	23	60	2000
Demandas	780	1060	1940	470	?

\* Stepping Stone (Costo mínimo)

	D1	D2	D3	D4	Oferta
F1	25	47	12 650	75	650 0
F2	20 540	20 1060	34	54	1600 540 0
F3	35 240	35	23 1290	60 470	2000 710 470 0
Demandas	780 240	1060 0	1940 1290	470 0	4250
	0	0			

$$\rightarrow \text{Costo inicial} = 12(650) + 20(540) + 20(1060) + 35(240) + 23(1290) + 60(470) \\ = 106,070$$

$$\rightarrow \text{Degradación} = 3+4-1=6 \quad (\text{No hay})$$

\* Stepping Stone

	D1	D2	D3	D4	Oferta
F1	25+	47	12 650-	75	650 0
F2	20 540	20 1060	34	54	1600 540 0
F3	35 240-	35	23 1290+	60 470	2000 710 470 0
Demandas	78 240	1060 0	1940 1290	470 0	4250
	0	0			

$$X_{11} \rightarrow X_{11} - X_{13} + X_{33} - X_{31} \\ = 25 - 12 + 23 - 35 = 1 \leftarrow \text{Incremento}$$

	D1	D2	D3	D4	Oferta
F1	25 X	47 +	12 650 -	75	650 0
F2	20 540	20 1060 -	34	54	1600 540 0
F3	35 240 -	35	23 1290 +	60 470	2000 710 470 0
Demandas	780 240	1060 0	1940 1290	470 0	4250
	0		0		

23

$$X_{12} \rightarrow X_{12} - X_{13} + X_{33} - X_{31} + X_{21} - X_{22}$$

$$\rightarrow 47 - 12 + 23 - 35 + 20 = 23 \leftarrow \text{Incremento}$$

	D1	D2	D3	D4	Oferta
F1	25	47	12 650 -	75	650 0
F2	20 540	20 1060	34 +	54	1600 540 0
F3	35 240	35	23 1290	60 470	2000 710 470 0
Demandas	780 240	1060 0	1940 1290	470 0	4250
	0		0		

$$X_{24} \rightarrow X_{24} - X_{34} + X_{31} - X_{21}$$

$$\Rightarrow 54 - 60 + 35 - 20 = 9 \leftarrow \text{Incremento}$$

	D1	D2	D3	D4	Oferta
F1	25	47	12 650	75	650 0
F2	20 540	20 1060	34 +	54	1600 540 0
F3	35 240	35	23 1290 -	60 470	2000 710 470 0
Demandas	780 240	1060 0	1940 1290	470 0	4250
	0		0		

$$X_{23} \rightarrow X_{23} - X_{33} + X_{31} - X_{21}$$

$$\rightarrow 34 - 23 + 35 - 20 = 26 \leftarrow \text{Incremento}$$

	D1	D2	D3	D4	Oferta
F1	25	47	12 650	75	650 0
F2	20 540	20 1060	34	54	1600 540 0
F3	35 240	35 +	23 1290	60 470	2000 710 470 0
Demandas	780 240	1060 0	1940 1290	470 0	4250
	0		0		

~~$X_{14} + X_{24} + X_{34} + X_{44}$~~   
 ~~$- X_{13} - X_{23} - X_{33} - X_{43}$~~   
 ~~$+ X_{12} + X_{22} + X_{32} + X_{42}$~~   
 ~~$- X_{11} - X_{21} - X_{31} - X_{41}$~~

$$X_{14} \rightarrow X_{14} + X_{34} - X_{33} + X_{13}$$

$$X_{..} \rightarrow 75 - 60 + 23 - 12 = 26 \leftarrow \text{Incremento}$$

	D1	D2	D3	D4	Oferta
F1	25	47	12 650	75	650 0
F2	20 540 ↑	20 1060 ↓	34 34	54	1600 540 0
F3	35 240	35 +	23 1290	60 470	2000 710 470 0
Demanda	780 240	1060 0	1940 1290	470 0	4250
	0	0			

$$X_{32} \rightarrow X_{32} = X_{31} + X_{21} + X_{22}$$

$$\rightarrow 35 + 35 + 20 - 20 = 0 \leftarrow \text{Igual}$$

\* MODI

	D1	D2	D3	D4	Oferta
F1	25	47	12 650	75	650 0
F2	20 540	20 1060	34	54	1600 540 0
F3	35 240	35	23 1290	60 470	2000 710 470 0
Demanda	780 240	1060 0	1940 1290	470 0	4250
	0	0			

$$\rightarrow \text{Costo Inicial: } 12 \cdot 650 + 20 \cdot 1060 + 20 \cdot 540 + 23 \cdot 1290 + 35 \cdot 240 + 60 \cdot 470 = 106070$$

$$\rightarrow \text{Degradación: } 3+4-1=6$$

$$\rightarrow \text{Campos libres: } F1 + D3 = 12 \quad (1)$$

$$F2 + D1 = 20 \quad (2)$$

$$F2 + D2 = 20 \quad (3)$$

$$F3 + D1 = 35 \quad (4)$$

$$F3 + D3 = 23 \quad (5)$$

$$F3 + D4 = 60 \quad (6)$$

$\rightarrow FO \text{ sea "0" (cero)}$

$$(1) F1 + D3 = 12 \rightarrow 0 + D3 = 12 \Rightarrow D3 = 12$$

$$D3 = 12 \rightarrow (5) F3 + D3 = 23 \rightarrow F3 + 12 = 23 \rightarrow F3 = 11$$

$$F3 = 11 \rightarrow (6) F3 + D4 = 60 \rightarrow 11 + D4 = 60 \rightarrow D4 = 49$$

$$F3 = 11 \rightarrow (4) F3 + D1 = 35 \rightarrow 11 + D1 = 35 \rightarrow D1 = 24$$

$$(2) F2 + D1 = 20 \rightarrow F2 + 24 = 20 \rightarrow F2 = -4$$

$$(3) F2 + D2 = 20 \rightarrow -4 + D2 = 20 \rightarrow D2 = 24$$

## → Índices de mejoramiento

$$\bullet \text{FID1} \rightarrow X_{11} = \frac{25 - 0 - 24}{25 - 0 - 24} = 1 \leftarrow \text{Incremento}$$

$$\bullet \text{FID2} \rightarrow X_{12} = 47 - 0 - 24 = 23 \leftarrow \text{Incremento}$$

$$\bullet \text{F2D4} \rightarrow X_{24} = \frac{54 + 4 - 49}{9} = 2 \leftarrow \text{Incremento}$$

$$\bullet \text{F2D3} \rightarrow X_{23} = 34 + 4 - 12 = 26 \leftarrow \text{Incremento}$$

$$\bullet \text{F1D4} \rightarrow X_{14} = 75 - 0 - 49 = 26 \leftarrow \text{Incremento}$$

$$\bullet \text{F3D2} \rightarrow X_{32} = 35 - 11 - 24 = 0 \leftarrow \text{Igual}$$

Respuesta: Utilizando los métodos de Stepping Stone y MODI se llega a la conclusión que no hay degradación. Por lo tanto no hay variación en el costo óptimo original, el cual es 106,070 //

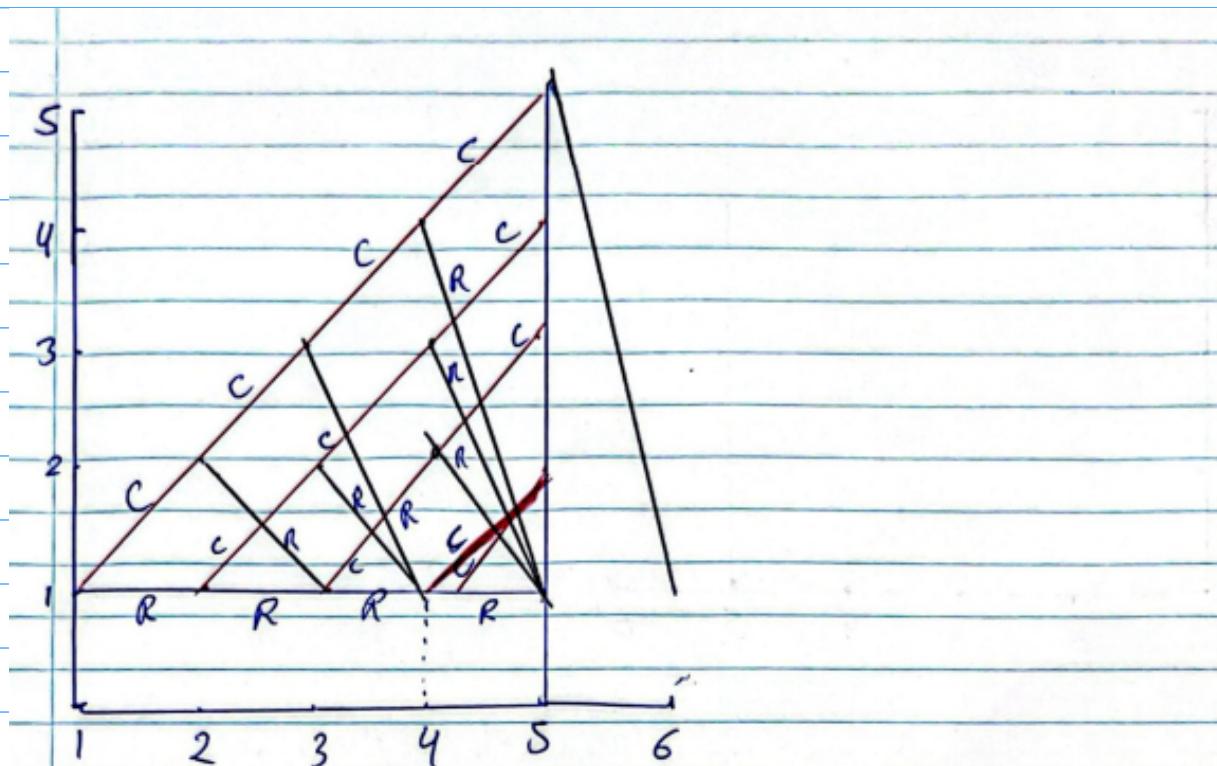
Pregunta #4 25pts

Objetivo Programación Dinámica=> Reemplazo de Equipo

El departamento de TI, posee un plóter que tiene actualmente 1 año de antigüedad, desea establecer una política de reemplazo para los próximos 5 años. El precio actual es de  $I = 105000$ . Después de 6 años se debe reemplazar.

Tiempo t	Ingreso r(t)	Costo de Operación c(t)	Valor de recuperación s(t)
0	20000	200	----
1	19000	600	80000
2	18500	1200	60000
3	17200	1500	50000
4	15500	1700	30000
5	14000	1800	10000
6	12200	2200	5000

- a. Grafico de trabajo
- b. Etapas del proyecto
- c. Respuesta



Etapa 5 = 1, 2, 3, 4, 5

10

Etapa 4 = 1, 2, 3, 4

$$1+1=2, \quad 2+1=3, \quad 3+1=4, \quad 4+1=5$$

Etapa 3 = 1, 2, 3

$$1+1=2, \quad 2+1=3, \quad 3+1=4$$

Etapa 2 = 1, 2

$$1+1=2, \quad 2+1=3$$

Etapa 1 = 1

$$1+1=2$$

## Etapa 5

$t$	Conservar (C)	Reemplazar (R)	$f_S(t)$	Decision
	$r(t) + s(t+1) - c(t)$	$r(s) + s(t) - c(s) - I$		
1	$19 + 60 - 0,6 = 78,4$	$20 + 80 + 80 - 0,2 - 105 = 79,8$	78,4	C
2	$18,5 + 50 - 1,2 = 67,3$	$20 + 60 + 80 - 0,2 - 105 = 59,8$	67,3	C
3	$17,2 + 30 - 1,5 = 49,7$	$20 + 50 + 80 - 0,2 - 105 = 49,8$	49,7	C
4	$15,5 + 20 - 1,7 = 23,8$	$20 + 30 + 80 - 0,2 - 105 = 29,8$	29,8	R
5	$17 + 5 - 1,8 = 17,2$	$20 + 10 + 80 - 0,2 - 105 = 9,8$	17,2	C

## Etapa 4

$t$	Conservar (C)	Reemplazar (R)	$f_T(t)$	Decision
	$r(t) - c(t) + f_S(t+1)$	$r(s) + s(t) - c(s) - I + f_S(s)$		
1	$19 - 0,6 + 67,3 = 85,7$	$20 + 80 - 0,2 - 105 + 78,4 = 73,2$	85,7	C
2	$18,5 - 1,2 + 59,8 = 63$	$20 + 60 - 0,2 - 105 + 78,4 = 53,2$	63	C
3	$17 - 1,5 + 29,8 = 49,5$	$20 + 50 - 0,2 - 105 + 78,4 = 49,2$	49,2	R
4	$15,5 - 1,7 + 17,2 = 31$	$20 + 30 - 0,2 - 105 + 78,4 = 23,2$	31	C

## Etapa 3

$t$	Conservar (C)	Reemplazar (R)	$f_3(t)$	Decision
	$r(t) - c(t) + f_T(t+1)$	$r(s) + s(t) - c(s) + I + f_T(s)$		
1	$19 - 0,6 + 63 = 81,4$	$20 + 80 - 0,2 - 105 + 85,7 = 80,5$	81,4	C
2	$18,5 - 1,2 + 60,5 = 60,5$	$20 + 60 - 0,2 - 105 + 85,7 = 60,5$	60,5	C-R
3	$17,2 - 1,5 + 31 = 46,7$	$20 + 50 - 0,2 - 105 + 85,7 = 50,5$	50,5	R

## Etapa 2

$t$	Conservar (C)	Remplazar (R)	$f_2(t)$	Decision
I	$r(t) - c(t) + f_3(t+1)$	$r(o) + s(t) - c(o) - I + f_3(I)$		
I	$79 - 0,6 + 60,5 = 78,9$	$20 + 80 - 0,2 - 105 + 81,4 = 76,2$	78,9	C
2	$78,5 - 1,2 + 50,5 = 67,8$	$20 + 60 - 0,2 - 105 + 81,4 = 56,2$	67,8	C

## Etapa 1

$t$	Conservar (C)	Remplazar (R)	$f_1(t)$	Decision
I	$r(t) - c(t) + f_2(t+1)$	$r(o) + s(t) - c(o) - I + f_2(I)$		
I	$79 - 0,6 + 67,8 = 86,2$	$20 + 80 - 0,2 - 105 + 78,9 = 73,7$	86,2	C

$t = I \rightarrow C(T=2) \rightarrow C(T=3)$

$\rightarrow R(T=I) \rightarrow C(T=2) \rightarrow C(T=3)$

Etapa	Edad +	Decision	Siguiente b
I	I	C	2
2	2	C	3
3	3	R	I
4	I	C	2
5	2	C	3

Total : 86200