

DIAGRAMAS DE TIEMPO Y NIVELACION DE RECURSOS POR CARLOS E. VEGA MORENO

DETERMINACIÓN DE HOLGURAS

Se toman en cuenta los siguientes tiempos:

IT: Tiempo de inicio más próximo.

TT: Tiempo de terminación más próximo.

Sea la actividad (i, j):

$$IT_{i,j} = TTT_j - D_{i,j}$$

$$TT_{i,j} = TIP_i + D_{i,j}$$

A partir de estos tiempos se definen las siguientes holguras:

HOLGURA TOTAL (HT).

Es la diferencia entre el máximo tiempo disponible para realizar la actividad ($TTT_j - TIP_i$) y su Duración ($D_{i,j}$).

$$HT_{i,j} = TTT_j - TIP_i - D_{i,j} = TTT_j - TT_{i,j} = IT_{i,j} - TIP_i$$

HOLGURA LIBRE (HL).

Es el exceso de tiempo disponible ($TIP_j - TIP_i$) sobre su Duración ($D_{i,j}$) si es que todas las actividades comienzan tan pronto como sea posible:

$$HL_{i,j} = TIP_j - TIP_i - D_{i,j} = TIP_j - TT_{i,j}$$

HOLGURA INDEPENDIENTE (HI).

Margen de tiempo sobrante suponiendo que de ambos nodos se parte lo más tarde posible:

$$HI_{i,j} = TTT_j - TTT_i - D_{i,j} = IT_{i,j} - TTT_i$$

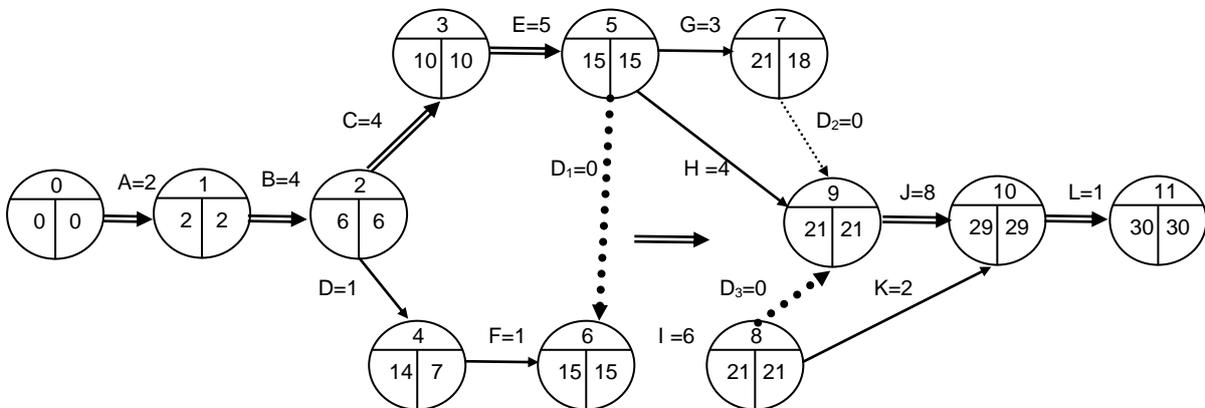
Pueden tomar valores negativos, lo cual nos refleja escases de tiempo para que puedan cumplirse sus supuestos.

Ejemplo 01:

El proyecto de construcción de una casa consta de las siguientes tareas:

Actividad	Descripción	Precedentes	Duración (semanas)	Recursos (Personas)
A	Preparación	-	2	5
B	Cimientos	A	4	8
C	Albañilería	B	4	4
D	Desagües	B	1	2
E	Tejado	C	5	3
F	Piso	D	1	5
G	Instalación Eléctrica	E	3	2
H	Instalación Hidráulica	E	4	3
I	Carpintería	E, F	6	4
J	Pintura Interior	G, H, I	8	3
K	Pintura Exterior	I	2	3
L	Limpieza	J, K	1	2

Solución:



RESUMEN DE CÁLCULO DE TIEMPOS Y HOLGURAS

(i , j)	Actividad	Duración Dij	TIPi	TTTi	TTij	ITij	TTTj	TIPj	HTij	HLij	Hlij	Actividad crítica
(0 , 1)	A	2	0	0	2	0	2	2	0	0	0	Si
(1 , 2)	B	4	2	2	6	2	6	6	0	0	0	Si
(2 , 3)	C	4	6	6	10	6	10	10	0	0	0	Si
(2 , 4)	D	1	6	6	7	13	14	7	7	0	7	No
(3 , 5)	E	5	10	10	15	10	15	15	0	0	0	Si
(4 , 6)	F	1	7	14	8	14	15	15	7	7	0	No
(5 , 6)	D1	0	15	15	15	15	15	15	0	0	0	Si
(5 , 7)	G	3	15	15	18	18	21	18	3	0	3	No
(7 , 9)	D2	0	18	21	18	21	21	21	3	3	0	No
(5 , 9)	H	4	15	15	19	17	21	21	2	2	2	No
(6 , 8)	I	6	15	15	21	15	21	21	0	0	0	Si
(8 , 9)	D3	0	21	21	21	21	21	21	0	0	0	Si
(9 , 10)	J	8	21	21	29	21	29	29	0	0	0	Si
(8 , 10)	K	2	21	21	23	27	29	29	6	6	6	No
(10 , 11)	L	1	29	29	30	29	30	30	0	0	0	Si

DIAGRAMA DE TIEMPO

El diagrama de tiempo es el producto final de los cálculos de una red de actividades.

El diagrama de tiempo puede convertirse en un programa calendario apropiado para el uso del personal que ejecutara el proyecto.

El diagrama de tiempo debe hacerse dentro de las limitaciones de los recursos disponibles, ya que no es posible realizar actividades simultáneas debido a las limitaciones de personal y equipo.

PROCEDIMIENTO PARA CONSTRUIR EL DIAGRAMA DE TIEMPO.

1. Construir el diagrama de tiempo para las actividades críticas con líneas continuas. Si en la red existe una actividad crítica ficticia trazar una línea vertical.
2. Considerar las actividades no críticas indicando sus límites de tiempo TIP_i y TTT_j en el diagrama. Los límites de tiempo se indican con líneas punteadas indicando que dichas actividades pueden ejecutarse dentro del límite de tiempo sin afectar su precedencia.

FUNCIONES DE LA HOLGURA TOTAL Y LIBRE.

1. Si la **Holgura Total** es igual a la **Holgura Libre**, la actividad no crítica se puede programar en cualquier parte entre los tiempos de inicio más temprano (TIP_i) y del tiempo de terminación más tardío (TTT_j).
2. Si la **Holgura Libre** es menor que la **Holgura Total**, el inicio de la actividad no crítica se puede demorar en relación con su tiempo de inicio más temprano (TIP_i) una cantidad no mayor que el monto de su **Holgura Libre** ($HL_{i,j}$), sin afectar la programación de sus actividades inmediatamente sucesivas.

CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA DE TIEMPO

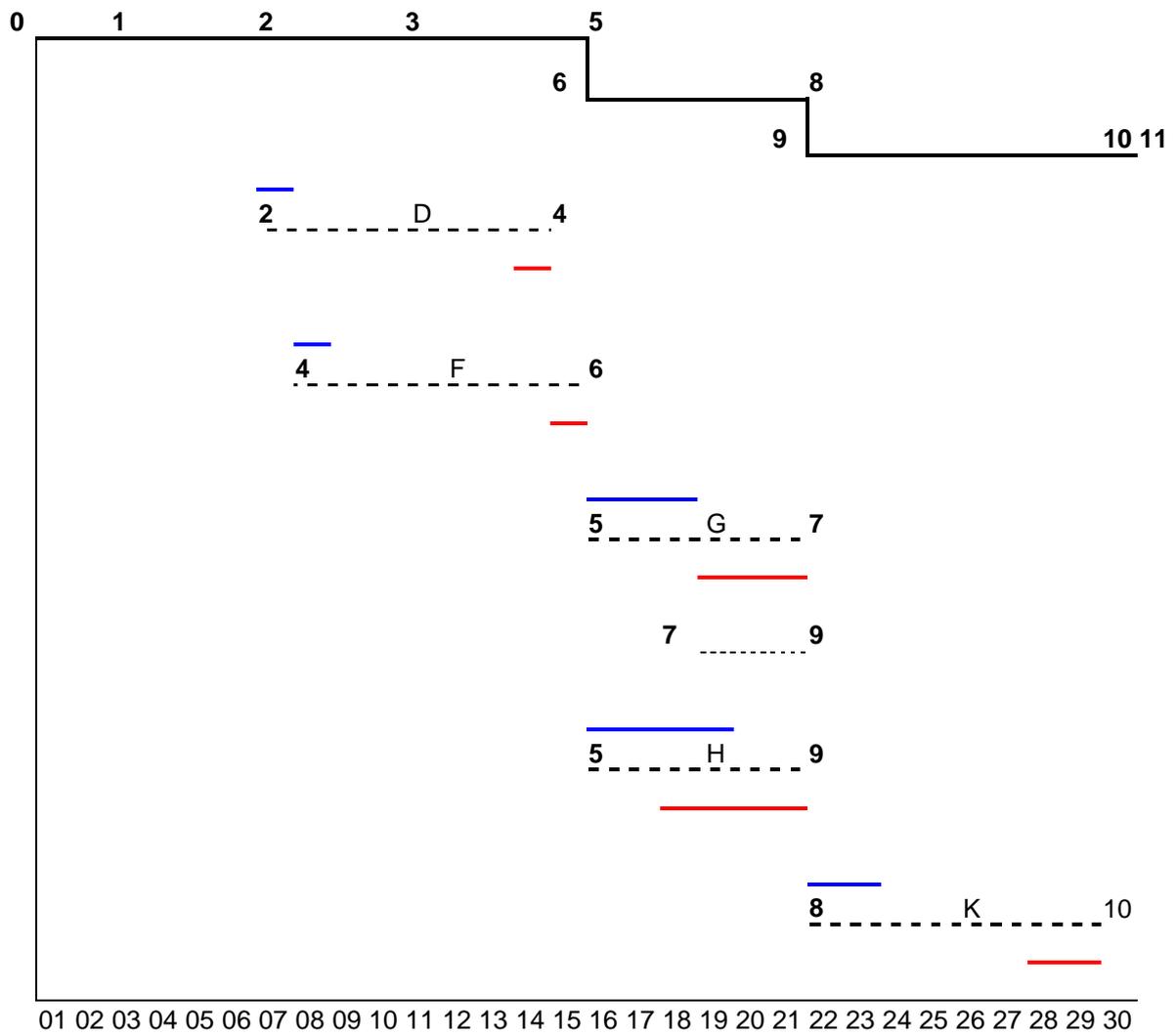
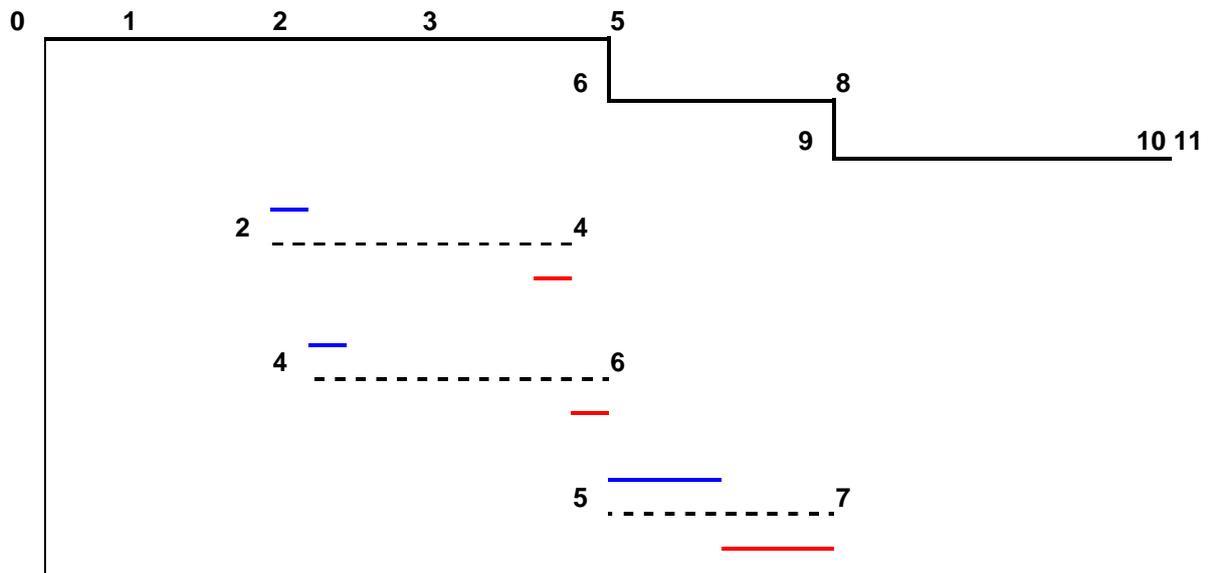
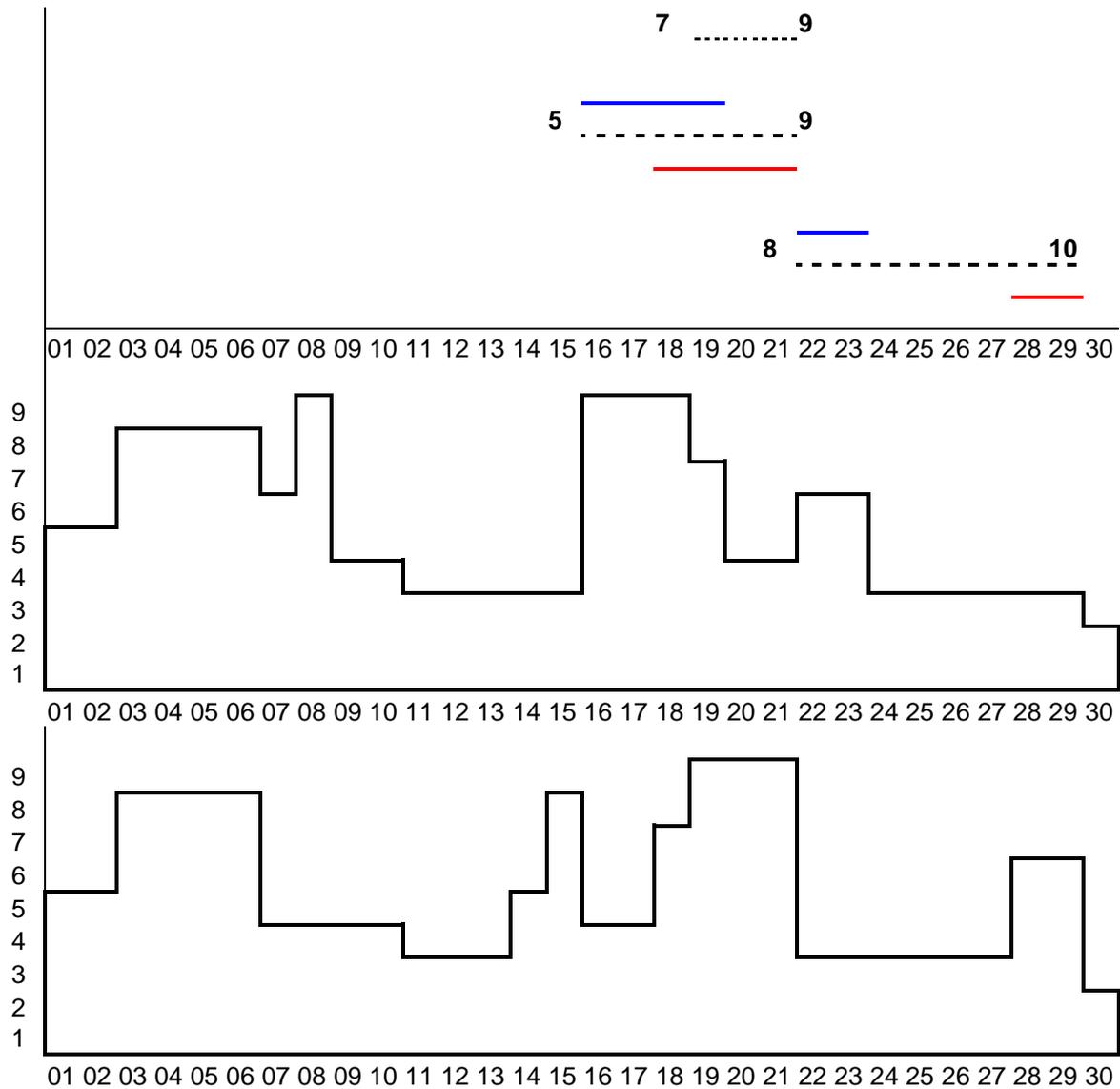


DIAGRAMA DE NIVELACION DE RECURSOS





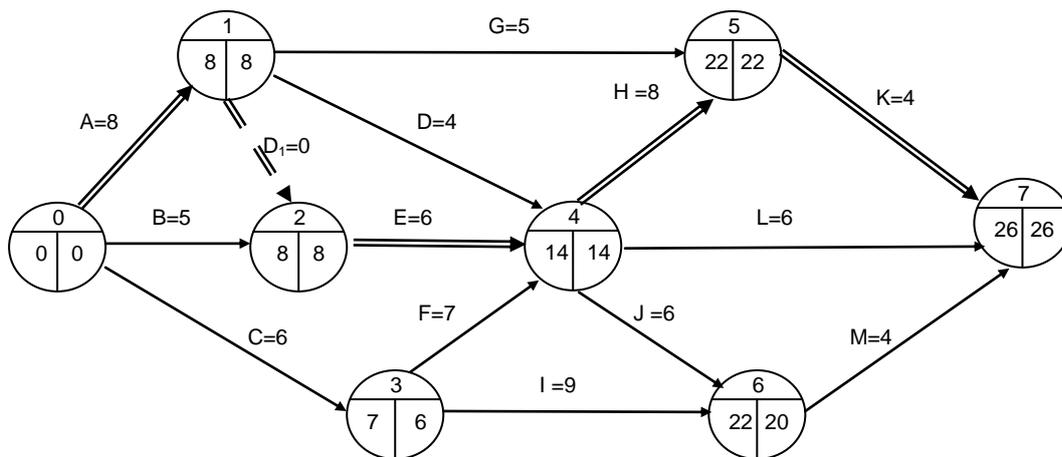
Ejemplo 02.

La siguiente tabla pertenece a un proyecto que tiene una lista de actividades con sus respectivas duraciones indicadas en semanas.

Actividad	Precedida por	Duración Normal	Duración Limite	Costo Normal	Costo Rápido
A	-	8	6	4000	6000
B	-	5	4	1500	2000
C	-	6	4	2500	3000
D	A	4	3	1800	2000
E	A, B	6	5	1000	1200
F	C	7	5	2000	3000
G	A	5	3	3000	6000
H	D, E, F	8	5	4500	9000

I	C	9	4	6000	10000
J	D, E, F	6	4	6000	8000
K	G, H	4	3	2000	2600
L	D, E, F	6	3	3000	9000
M	I, J	4	2	8000	12000

Emplearemos solo la Duración Normal para la construcción de la red de actividades quedando los demás datos para cálculos de temas posteriores.



Ruta Crítica = { 0, 1, 2, 4, 5, 7 }

Duración = 26 semanas.

RESUMEN DE CÁLCULOS DE TIEMPOS Y HOLGURAS

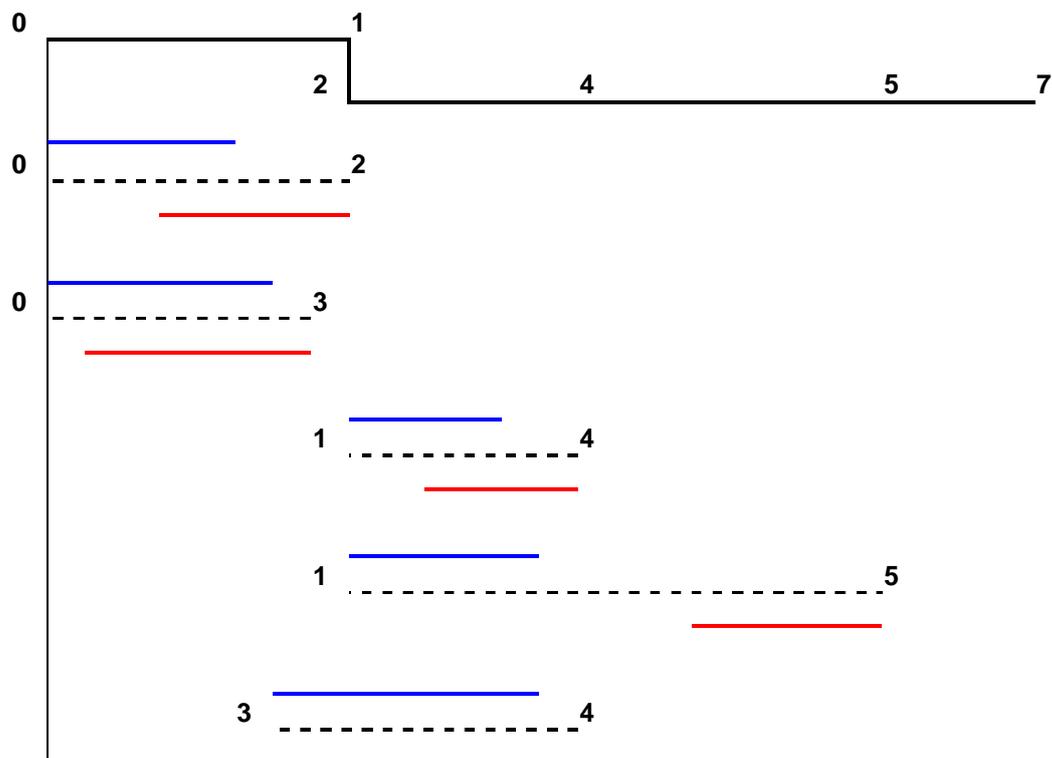
(i, j)	Actividad	Duración Dij	TIPi	TTTi	TTij	ITij	TTTj	TIPj	HTij	HLij	Hlij	Tipo Actividad
(0, 1)	A	8	0	0	8	0	8	8	0	0	0	Critica
(0, 2)	B	5	0	0	5	3	8	8	3	3	3	No Critica
(0, 3)	C	6	0	0	6	1	7	6	1	0	1	No Critica
(1, 2)	D ₁	0	8	8	8	8	8	8	0	0	0	Critica
(1, 4)	D	4	8	8	12	10	14	14	2	2	2	No Critica
(1, 5)	G	5	8	8	13	17	22	22	9	9	9	No Critica
(2, 4)	E	6	8	8	14	8	14	14	0	0	0	Critica
(3, 4)	F	7	6	7	13	7	14	14	1	1	0	No Critica
(3, 6)	I	9	6	7	15	13	22	20	7	5	6	No Critica
(4, 5)	H	8	14	14	22	14	22	22	0	0	0	Critica
(4, 6)	J	6	14	14	20	16	22	20	2	0	2	No Critica

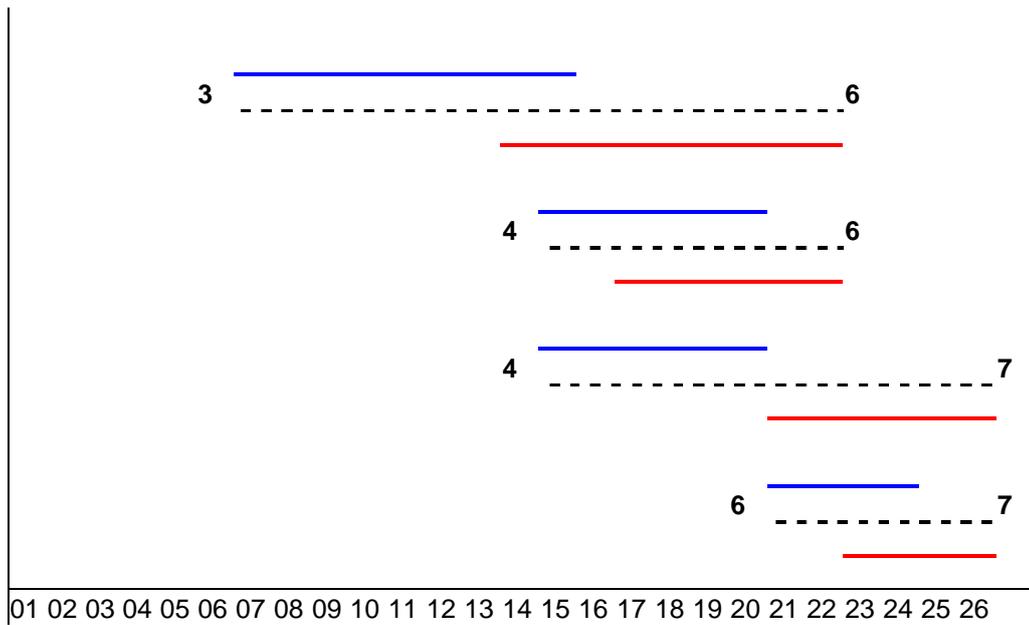
(4 , 7)	L	6	14	14	20	20	26	26	6	6	6	No Critica
(5 , 7)	K	4	22	22	26	22	26	26	0	0	0	Critica
(6 , 7)	M	4	20	22	24	22	26	26	2	2	0	No Critica

Luego asignamos recursos (personal) para cada una de las actividades para hacer el diagrama de nivelación de recursos.

(i , j)	Actividad	Recursos (Personas)
(0 , 1)	A	3
(0 , 2)	B	1
(0 , 3)	C	0
(1 , 2)	D ₁	0
(1 , 4)	D	4
(1 , 5)	G	4
(2 , 4)	E	2
(3 , 4)	F	0
(3 , 6)	I	5
(4 , 5)	H	3
(4 , 6)	J	2
(4 , 7)	L	2
(5 , 7)	K	1
(6 , 7)	M	1

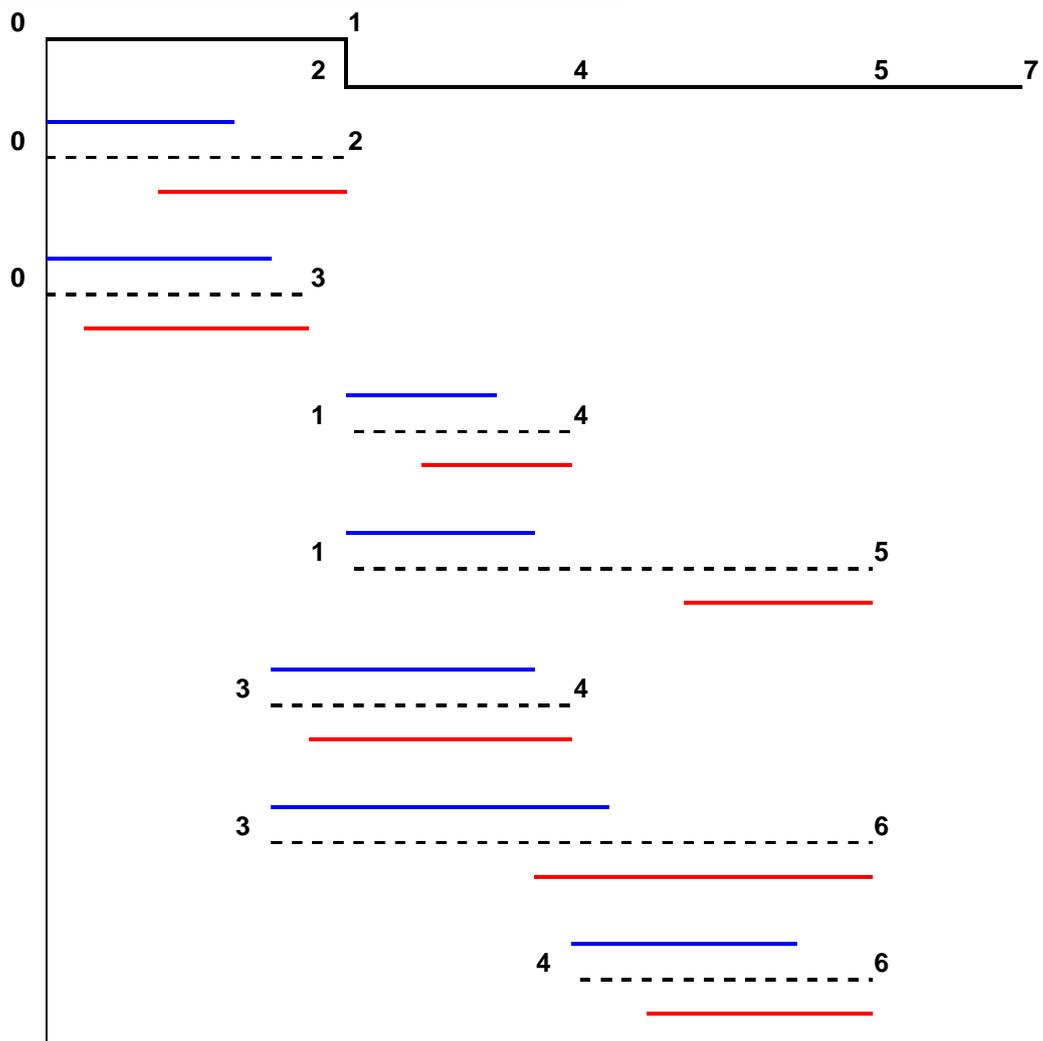
DIAGRAMA DE TIEMPO

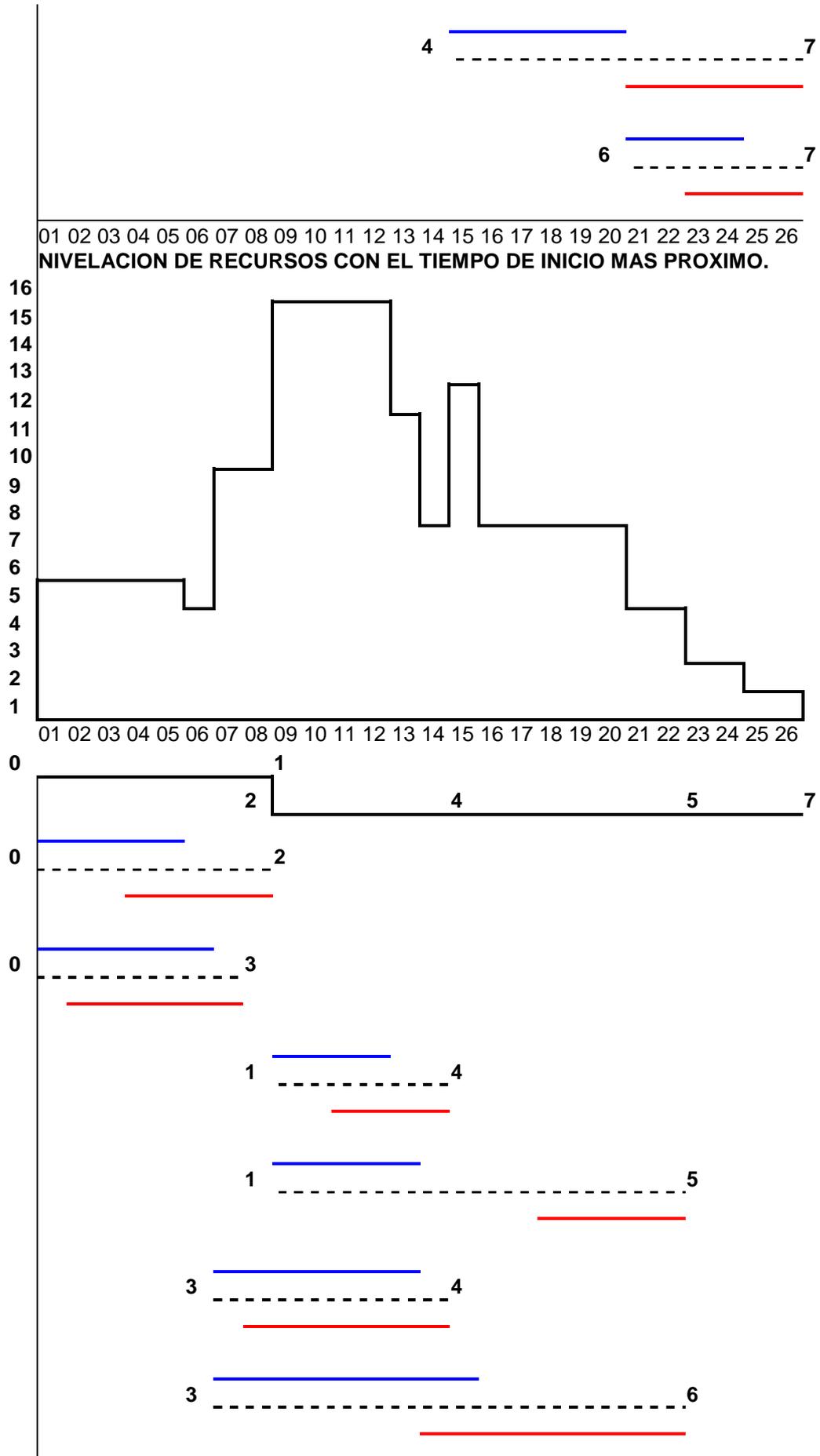


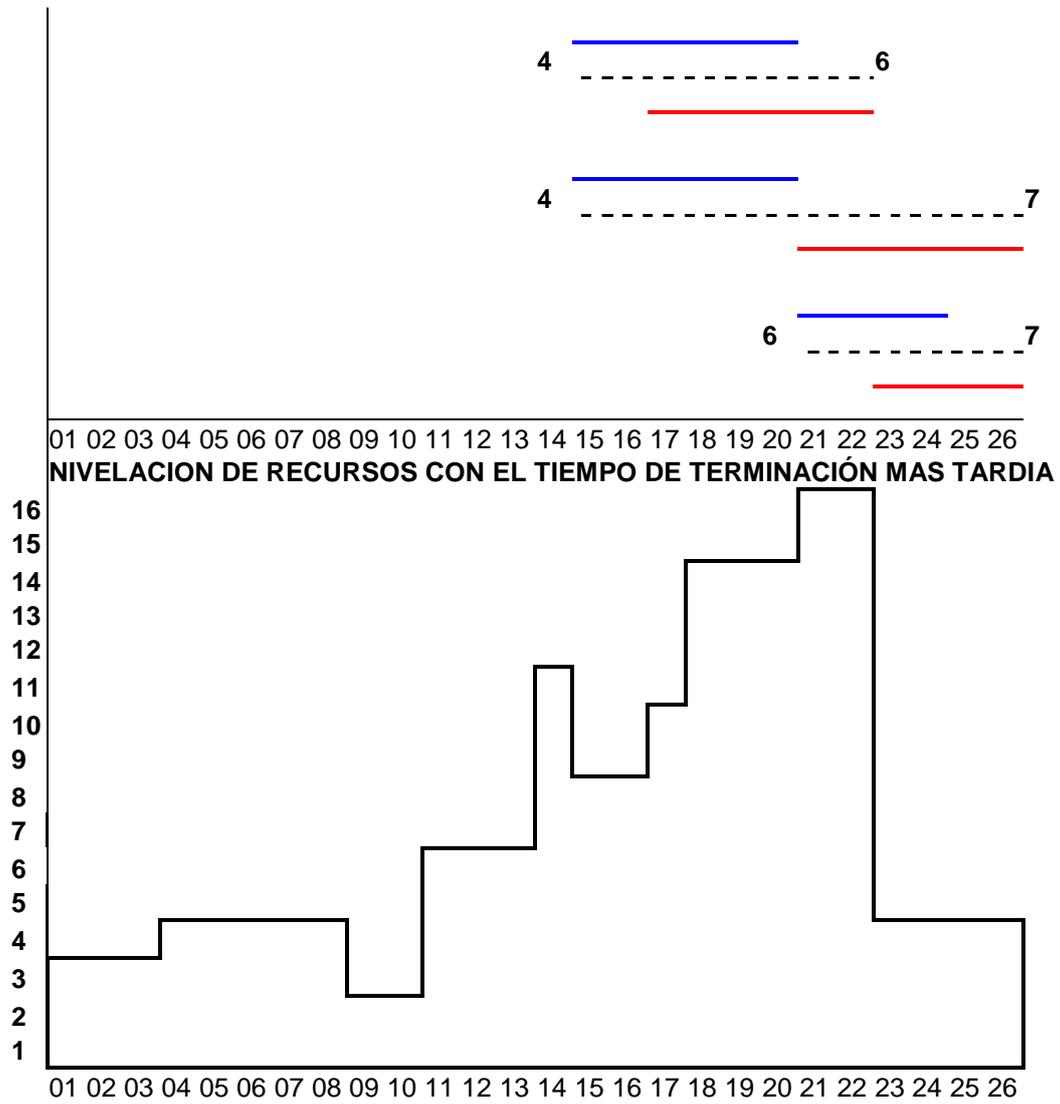


PROGRAMACIÓN QUE INICIE LO MAS PROXIMO POSIBLE (TIP)
 PROGRAMACIÓN QUE TERMINE LO MAS TARDE POSIBLE (TTT)

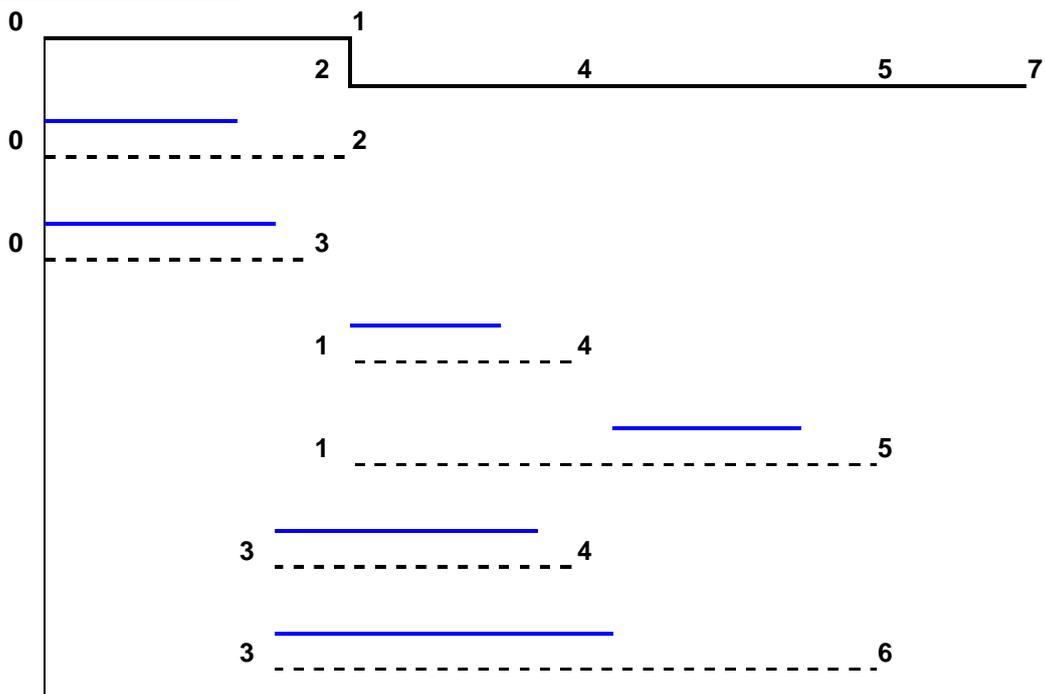
DIAGRAMA DE CARGA Y NIVELACION DE RECURSOS

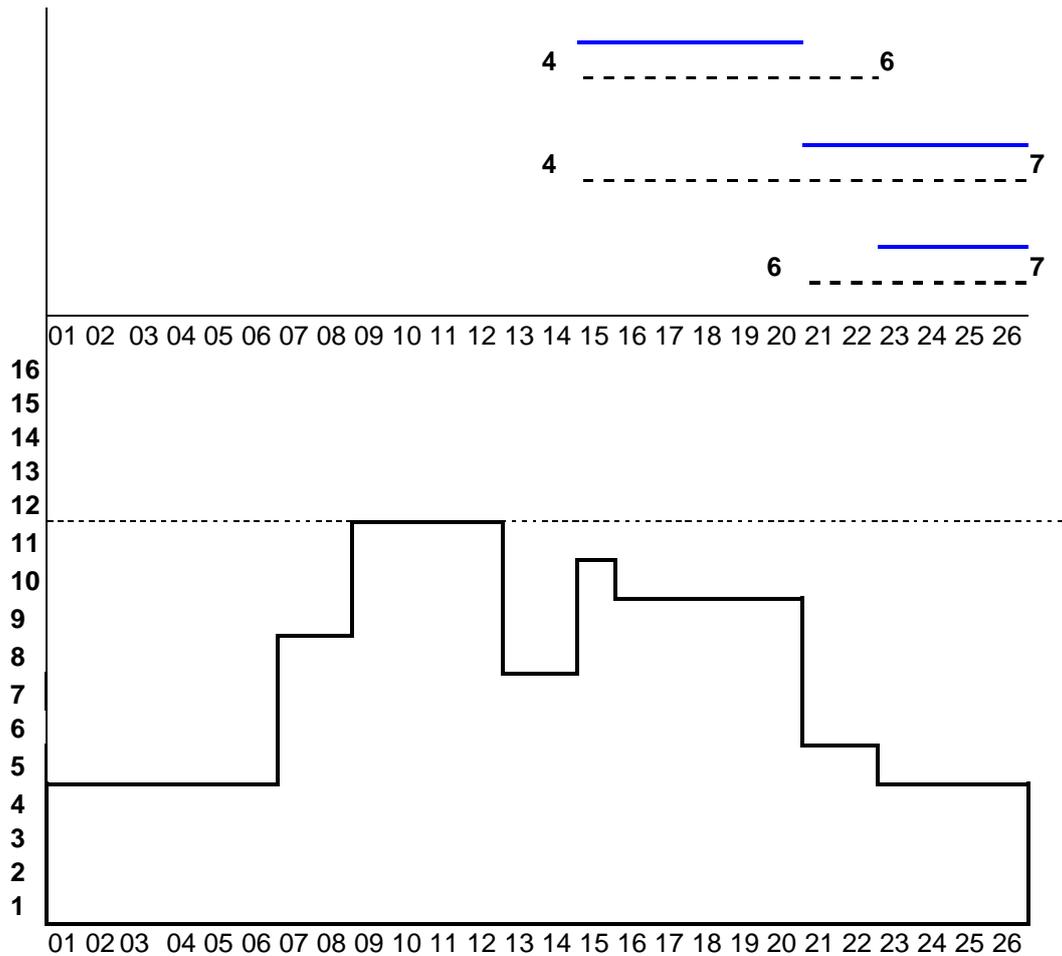






RECURSOS NIVELADOS





PRÁCTICA

Dados los siguientes proyectos (A y B), construya la red de actividades, diagrama calendario con una programación óptima, diagrama de nivelación de recursos programado (lo más pronto posible y lo más tarde posible) y el diagrama de recursos nivelados. Determine para cada caso el número de obreros requeridos.

Proyecto A.

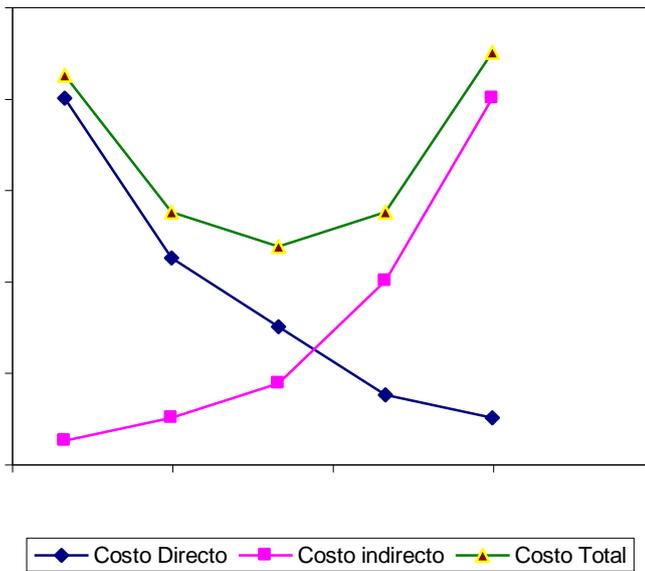
Actividad (I , J)	Tiempo	Número de Obreros
1 2	10	5
1 4	1	4
1 5	5	3
2 3	9	1
2 5	8	2
2 6	10	3
3 4	3	7
3 6	4	9
4 6	5	1
4 7	4	10
5 6	7	4
5 7	3	5
6 7	8	2

(I , J)	Obreros
1 2 3	1
1 3 1	2
1 4 15	5
1 6 7	3
2 3 8	1
2 5 10	4
3 4 3	10
3 7 10	9
4 5 10	8
4 7 22	7
5 6 5	2
5 7 12	5
6 7 7	3

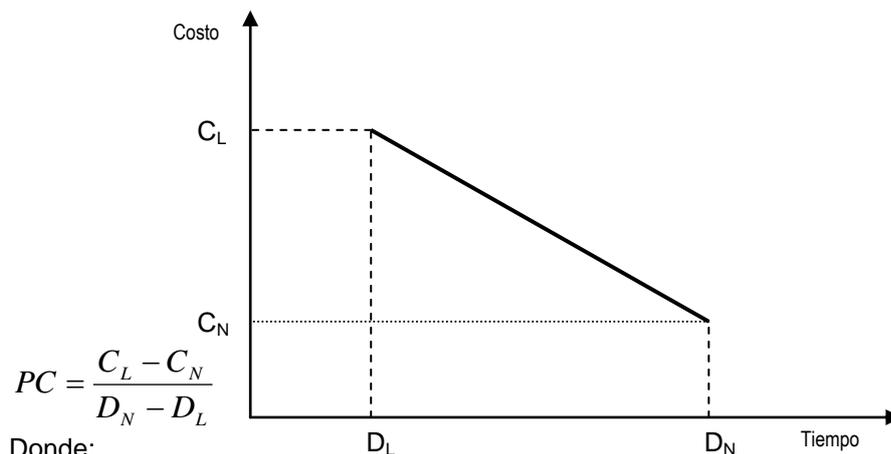
Proyecto B.

Actividad	Tiempo	Número de
-----------	--------	-----------

CONSIDERACIONES DE COSTO EN LA PROGRAMACION DE PROYECTOS



La programación de proyectos considerando costos esta asociado a los Costos Directos.



Donde:

- P_C : Pendiente de Costo.
- D_L : Duración límite o duración mínima.
- D_N : Duración Normal.
- C_L : Costo en duración límite.
- C_N : Costo en duración normal.

Regla práctica:

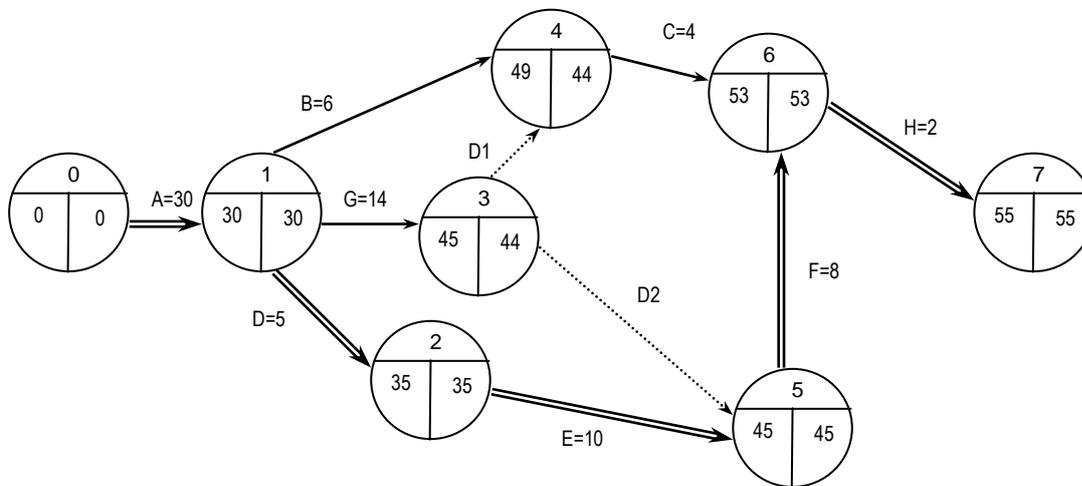
1. La reducción se da en la ruta crítica.
2. La actividad crítica a reducir es aquella que tiene menor pendiente de costo.
3. El tamaño de la reducción esta en función a su duración límite de la actividad crítica y las holguras libres positivas de las actividades no críticas.
4. Se considera el mínimo entre las holguras libres y el tamaño que permita reducir la actividad ($D_N - D_L$).
5. La Holgura libre sirve para analizar que actividad no crítica puede convertirse a crítica al final de una reducción.
6. Si existe más de una ruta crítica las reducciones se hacen simultáneamente en todas las rutas críticas.
7. Las iteraciones terminan cuando las actividades críticas han llegado a su duración límite o no se pueda reducir simultáneamente en más de una ruta crítica.

Ejemplo:

Nº	Actividad	Predecesores	Duración Normal	Duración Limite	Costo Normal	Costo Limite
1	A	-	30	26	5000	9000
2	B	A	6	4	6000	9000
3	C	B,G	4	3	10000	10500
4	D	A	5	3	5000	6500
5	E	D	10	7	4500	6300
6	F	E,G	8	6	20000	22500
7	G	A	14	12	10000	15000
8	H	C,F	2	2	25000	25000

Solución:

1. Construimos la red de actividades y calculamos la ruta crítica:



2. En la tabla de actividades calculamos la Reducción Límite y su pendiente de costo de acuerdo a la fórmula.

Nº	Actividad	Duración Normal	Duración Limite	Costo Normal	Costo Limite	Reducción Limite	Pendiente de costo
1	A	30	26	5000	9000	4	1000 *
2	B	6	4	6000	9000	2	1500
3	C	4	3	10000	10500	1	500
4	D	5	3	5000	6500	2	750 *
5	E	10	7	4500	6300	3	600 *
6	F	8	6	20000	22500	2	1250 *
7	G	14	12	10000	15000	2	2500
8	H	2	2	25000	25000	0	-

*** Actividades críticas.**

El costo del proyecto en Duración Normal es de: S/. 310500 con una duración de 55 semanas.

La actividad candidata a reducir es E por tener menor pendiente de costo (600) pero la reducción dependerá de la Holgura Libre (HL) y la Reducción Limite (RL).

3. Calculamos las holguras libres de las actividades:

Nº	Actividad	DN	DL	HL	RL	PC
1	A	30	26	0	4	1000 *
2	B	6	4	8	2	1500
3	C	4	3	5	1	500
4	D	5	3	0	2	750 *
5	E	10	7	0	3	600 *
6	F	8	6	0	2	1250 *
7	G	14	12		2	2500

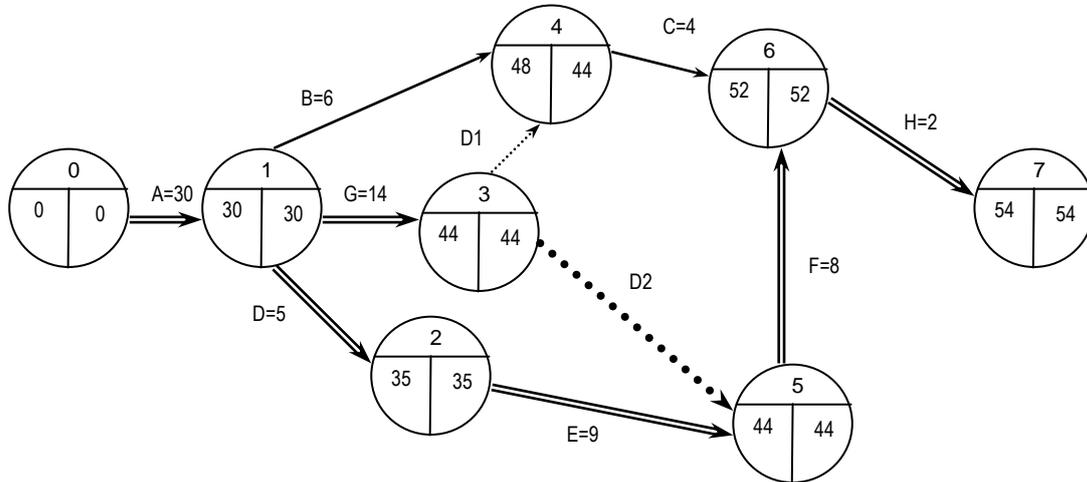
8	H	2	2	0	0	-
9	D ₁			0		
10	D ₂			1		

Nota: Las actividades críticas tienen HL = 0

Luego el Mínimo (3,1) = 1..... Entonces, se reduce en 1 semana la actividad E y con ese valor se regresa al paso 1.

El costo a incrementarse en el proyecto será: $1 * 600 = \text{S/ } 600$

4. Habiendo hecho los cálculos tenemos la siguiente red de actividades:



Ahora tenemos dos rutas críticas: (A, D, E, F, H) y (A, G, D₂, F, H). Por lo tanto el análisis se realizará en ambas rutas.

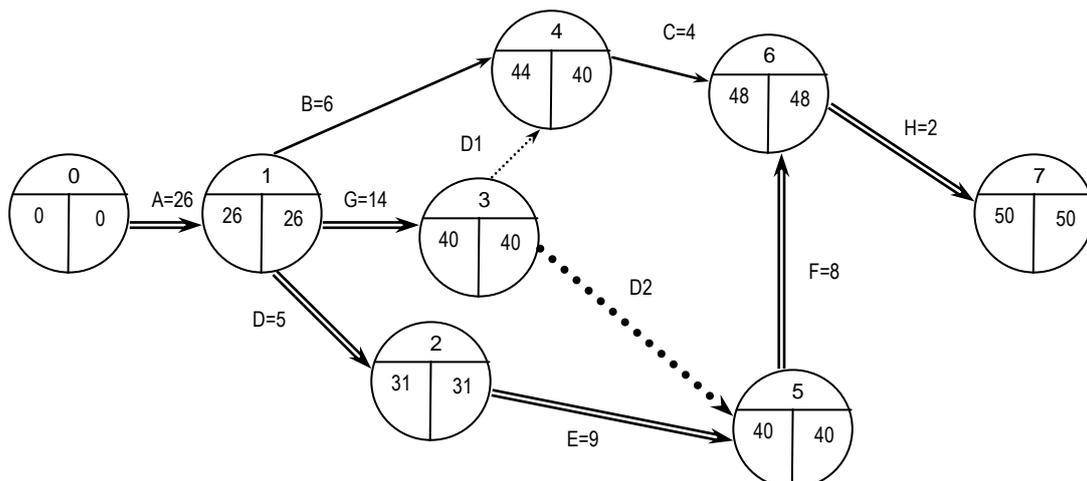
5. Calculamos las holguras libres y determinamos que actividades críticas se van a reducir:

Nº	Actividad	DN	DL	RC1	RC2	HL	RL	PC
1	A	30	26	X	X	0	4	1000 *
2	B	6	4			8	2	1500
3	C	4	3			4	1	500
4	D	5	3	X		0	2	750 *
5	E	9	7	X		0	2	600 *
6	F	8	6	X	X	0	2	1250 *
7	G	14	12		X		2	2500
8	H	2	2	X	X	0	0	-
9	D ₁					0		
10	D ₂				X	0		

Según la tabla podemos ver que en la RC1 sigue siendo E la de menor PC y tiene RL>0 y la RC2 la actividad A tiene menor PC (PC = 1000). Haciendo un incremento de $600 + 1000 = 1600$ por una unidad de reducción. Además podemos observar que la actividad A es común a ambas rutas por lo tanto basta con reducir a esta actividad produciendo un incremento de S/. 1000 al reducir en una semana al proyecto. La cantidad de semanas a reducir será: $\text{Min}(4,4) = 4$. Produciendo un incremento al proyecto en $4 * 1000 = \text{S/ } 4000$.

Con los nuevos datos regresar al paso 1.

6. Habiendo hecho los cálculos tenemos la siguiente red de actividades:



Se mantienen las dos rutas críticas, pero la actividad A ya llega a su DL.

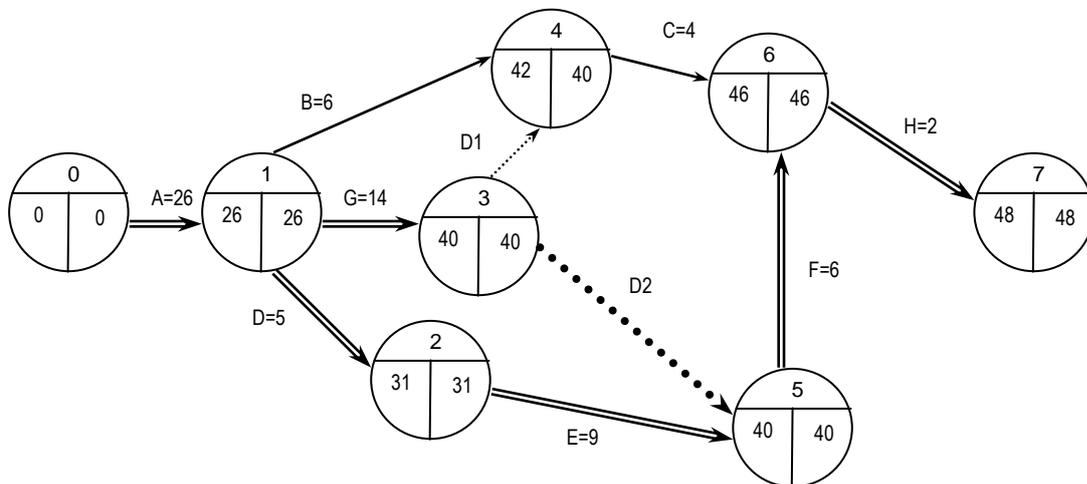
7. Calculamos las holguras libres y determinamos que actividades críticas se van a reducir:

Nº	Actividad	DN	DL	RC1	RC2	HL	RL	PC
1	A	26	26	X	X	0	0	1000 *
2	B	6	4			8	2	1500
3	C	4	3			4	1	500
4	D	5	3	X		0	2	750 *
5	E	9	7	X		0	2	600 *
6	F	8	6	X	X	0	2	1250 *
7	G	14	12		X		2	2500
8	H	2	2	X	X	0	0	-
9	D ₁					0		
10	D ₂				X	0		

Se reduce la actividad **F** por ser común a ambas rutas críticas (idem. que el anterior). Se disminuye en $\text{Min}(2,4) = 2$ semanas, produciendo un incremento en el costo del proyecto de: $2 \cdot 1250 = \text{\$/. 2500}$. La actividad queda en su duración límite **F = 6**

Con los nuevos datos regresar al paso 1.

8. Habiendo hecho los cálculos tenemos la siguiente red de actividades:

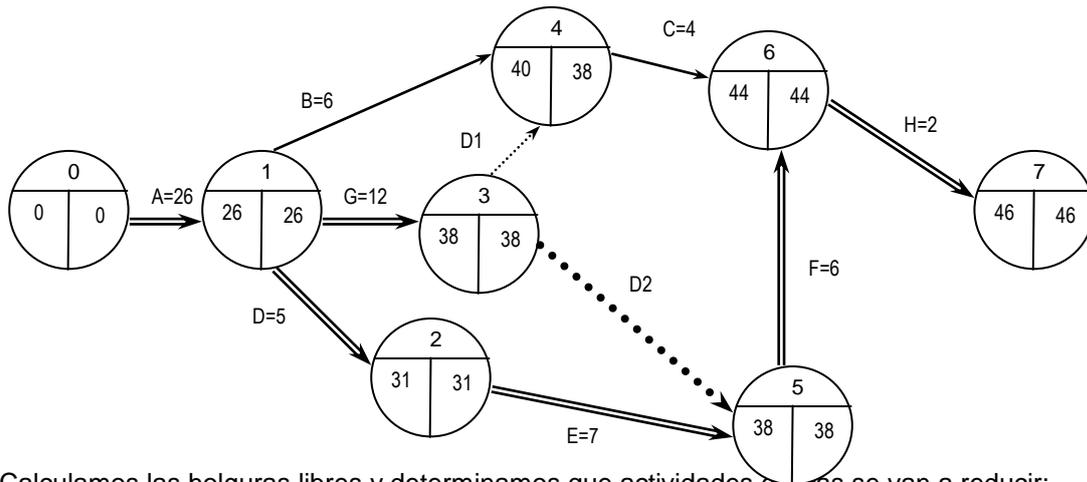


9. Calculamos las holguras libres y determinamos que actividades críticas se van a reducir:

Nº	Actividad	DN	DL	RC1	RC2	HL	RL	PC
1	A	26	26	X	X	0	0	1000 *
2	B	6	4			8	2	1500
3	C	4	3			2	1	500
4	D	5	3	X		0	2	750 *
5	E	9	7	X		0	2	600 *
6	F	6	6	X	X	0	0	1250 *
7	G	14	12		X	0	2	2500
8	H	2	2	X	X	0	0	-
9	D ₁					0		
10	D ₂				X	0		

En la RC1 se reduce la actividad E (PC = 600) y en la RC2 se reduce la actividad G (PC = 2500) en una cantidad = $\text{Min}(2,2) = 2$ semanas, produciendo un incremento de : $2 \cdot (600 + 2500) = \text{\$/. 6200}$

10. Habiendo hecho los cálculos tenemos la siguiente red de actividades:



11. Calculamos las holguras libres y determinamos que actividades críticas se van a reducir:

Nº	Actividad	DN	DL	RC1	RC2	HL	RL	PC
1	A	26	26	X	X	0	0	1000 *
2	B	6	4			6	2	1500
3	C	4	3			2	1	500
4	D	5	3	X		0	2	750 *
5	E	7	7	X		0	0	600 *
6	F	6	6	X	X	0	0	1250 *
7	G	12	12		X	0	0	2500
8	H	2	2	X	X	0	0	-
9	D ₁					0		
10	D ₂				X	0		

En la RC1 podemos reducir la actividad D mientras que en la RC2 no hay actividades que reducir. Por lo tanto, termina el proceso debido a que las reducciones deben de hacerse simultáneamente en todas las rutas críticas.

Incremento en el costo = 600 + 4000 + 2500 + 6200 = **S/. 13300.**

Costo Total = Costo inicial + incremento = 310500 + 13300 = S/. 323800, con una duración de **46 semanas.**

Ejercicio:

Resolver el ejemplo N° 02 de la segunda sesión.

PRACTICA

1. Se tiene la siguiente programación de actividades:

Actividad	Predecesora	Tiempo Normal	Tiempo acelerado	Costo Normal	Costo acelerado
A	-	3	2	6000	8000
B	-	5	1	5000	7000
C	A	4	2	16000	25000
D	B	3	2	18000	26000
E	B	1	1	20000	20000

F	C, D, E	4	2	16000	18000
G	C, D	2	1	2000	4000
H	F, G	2	1	6000	10000
I	F	3	2	9000	12000

Determine la duración del proyecto, la ruta crítica e interprete el tiempo de holgura. Además considere los nuevos tiempos acelerados y los costos respectivos. Basándose en esto, determinar qué actividades deben ser aceleradas y cuánto para finalizar el proyecto en un tiempo máximo de T semanas incurriendo en un costo mínimo.

El proyecto SIGMA tiene la lista de actividades de la tabla siguiente, con las duraciones indicadas en semanas:

Actividad	Precedida Por	Duración Normal	Duración Rápida	Coste Normal	Coste Rápido
A	-	3	2	3000	5000
B	-	4	2	4000	6000
C	-	5	3	5000	8000
D	A	8	6	5000	6000
E	A, B	3	2	3000	4000
F	C	5	3	4000	8000

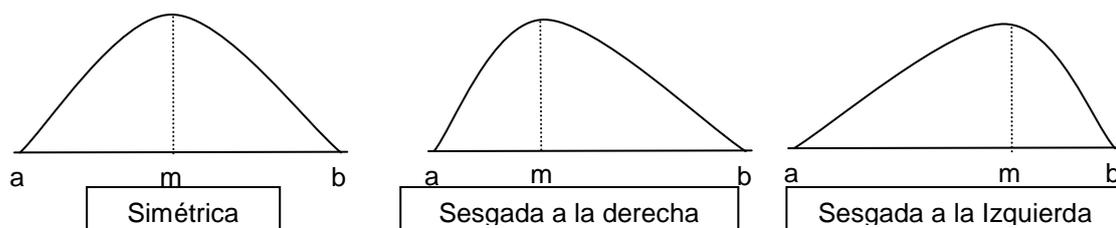
Obtener el diagrama de actividades obteniendo la ruta crítica y duración total de proyecto. Calcular en cuanto se incrementa el costo cuando el proyecto se reduce en 1, 2, 3 y 4 semanas.

PERT TIEMPO

Los proyectos se programan teniendo en cuenta tres tiempos:

1. **Tiempo Optimista (a):** Es el tiempo mas corto en el que la tarea puede ejecutarse. Asumiendo que la ejecución va extremadamente bien.
2. **Tiempo Pesimista (b):** Es el tiempo mas largo que se puede llevar una tarea dentro de lo razonable. Se asume que las cosas van normal.
3. **Tiempo más probable (m):** Es el tiempo que la tarea requiere con mayor frecuencia en circunstancias normales.

En base a estos tres tiempos se obtiene el tiempo esperado o media que servirá para programar la red de actividades y obtener la ruta crítica.



$$\bar{D} = \frac{(a + b)/2 + 2m}{3} \quad \text{Entonces,} \quad \bar{D} = \frac{a + 4m + b}{6}$$

La varianza se obtiene con la siguiente formula:

$$V = \left(\frac{b-a}{6} \right)^2$$

Con el valor \bar{D} encontramos el tiempo de terminación esperado, pero el tiempo de terminación real puede variar debido a que los tiempos de término de las tareas son variables.

Dado una red de actividades en esas condiciones uno puede hacerse las siguientes interrogantes:

- a) ¿Cuál es la probabilidad de cumplir con una fecha específica de terminación del proyecto?. Para esto se hace uso de tiempos probables (TP) asignados por el mismo analista.
- b) ¿Qué fecha de terminación puede cumplirse con un nivel dado de confianza?. Es decir si ya tengo una probabilidad (Ejemplo 97%) cual sería la fecha de finalización bajo esas condiciones.

$$K_i = \frac{TP_i - E\{u_i\}}{\sqrt{Var\{u_i\}}} \quad K_i : \text{Se busca en la tabla de distribución normal.}$$

EN GENERAL:

○ Para calcular el tiempo esperado de terminación del proyecto, se suma los tiempos esperados \bar{D} de terminación de todas las tareas a lo largo de esa trayectoria crítica.

$$E\{u_i\} = ES_i$$

○ Para calcular la varianza de terminación del proyecto; se suma las varianzas de los tiempos de terminación de la tarea a lo largo de esa trayectoria crítica.

$$Var\{u_i\} = \sum_k V_k$$

Ejemplo 01: Dada la siguiente tabla de actividades y tiempos. Programar según el PERT TIEMPO.

TAREA	PRED	DESCRIPCIÓN	Tiempos de Tarea (MIN)		
			Optimista (a)	Mas probable (m)	Pesimista (b)
A	-	Desalojo de pasajeros	12	15	20
B	-	Descarga de equipaje	20	25	35
C	-	Reabastecimiento de combustible	27	30	40
D	A	Limpieza del interior	12	15	20
E	A	Carga de la comida	12	15	20
F	B	Carga del equipaje	15	20	30
G	D	Abordaje de los pasajeros	15	20	30
H	C,E,Fy G	Realización de la revisión de seguridad	10	10	10

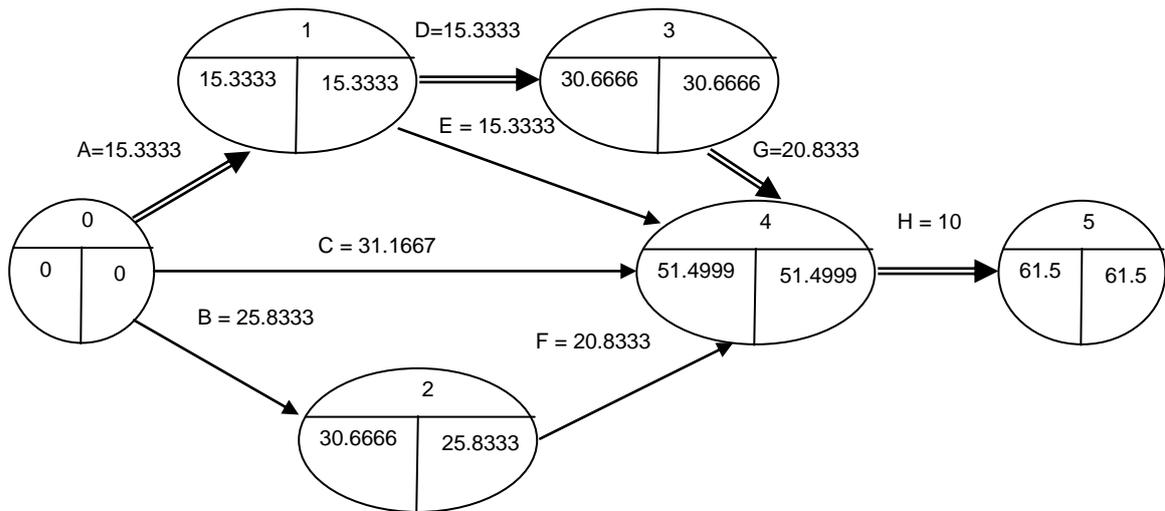
Solución:

- 1) Calcular \bar{D} y V para cada una de las actividades.

TAREA	DESCRIPCIÓN	Tiempos de Tarea (min)			\bar{D}	V
		(a)	(m)	(b)		
A	Desalojo de pasajeros	12	15	20	15,3333	1,7778
B	Descarga de equipaje	20	25	35	25,8333	6,2500

C	Reabastecimiento de combustible	27	30	40	31,1667	4,6944
D	Limpieza del interior	12	15	20	15,3333	1,7778
E	Carga de la comida	12	15	20	15,3333	1,7778
F	Carga del equipaje	15	20	30	20,8333	6,2500
G	Abordaje de los pasajeros	15	20	30	20,8333	6,2500
H	Realización de la revisión de seguridad	10	10	10	10,0000	0,0000

2) Trazar la red de actividades con D (Tiempo esperado) y calcular la ruta crítica.



3) Calcular el acumulado de los tiempos esperados $E\{u_i\}$ y el acumulado de las varianzas $Var\{u_i\}$ en cada uno de los nodos (eventos).

Nodo (evento)	Ruta	$E\{u_i\}$	$Var\{u_i\}$	$\sqrt{Var\{u_i\}}$
1	(0,1)*	15.3333	1.7778	1.3333
2	(0,2)	25.8333	6.2500	2.5000
3	(0,1,3)*	30.6666	3.5556	1.8856
4	(0,1,3,4)*	51.4999	9.8056	3.1314
5	(0,1,3,4,5)*	61.5000	9.8056	3.1314

* Ruta crítica

Luego el tiempo esperado de culminación del proyecto será: 61.5 minutos, varianza acumulada de 9.8056 y Desviación Estándar 3.1314

4) Para calcular la probabilidades se construye la siguiente tabla:

Nodo (evento)	Ruta	ES_i (Media)	$\sum_k v_k$	$\sqrt{Var\{u_i\}}$	TP_i	K_i	$P(Z \leq K_i)$
1	(0,1)*	15.3333	1.7778	1.3333	18	2.0000	97.72%
2	(0,2)	25.8333	6.2500	2.5000	24	-0.7333	23.1677%
3	(0,1,3)*	30.6666	3.5556	1.8856	28	-1.4142	
4	(0,1,3,4)*	51.4999	9.8056	3.1314	53	0.4791	
5	(0,1,3,4,5)*	61.5000	9.8056	3.1314	60	-0.4790	31.596%

Donde:

TP_i : Tiempos probables asignados por el analista o gerente de proyectos.

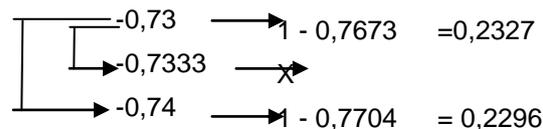
$$Var\{u_i\} = \sum_k V_k$$

$$E\{u_i\} = ES_i$$

$$K_i = \frac{TP_i - ES_i}{\sqrt{V_k}}$$

P(Z ≤ K_i) : Ver tabla de Distribución Normal

Calculo para K = - 0.7333



Interpolando:

$$\frac{0,01}{0,0033} = \frac{0,0031}{0,2327 - X}$$

Luego:

$$X = 0,231677 , \text{ entonces, } X = 23.1677\%$$

Dado una probabilidad también se puede obtener el tiempo de terminación del proyecto bajo esas condiciones de probabilidad.

Por Ejemplo:

En el proyecto anterior calcular el tiempo de duración sabiendo que la probabilidad que se de es del 95.05%

En este caso se busca el valor en la tabla de Distribución Normal 95.05% = 0.9505 y este valor esta para un Z = K = 1.65. Reemplazando este valor en la formula de K se tiene:

$$1.65 = \frac{TP - 61.5}{3.1314}$$

$$TP = 66.66681 = 66.67 \text{ minutos.}$$

Podemos Notar que:

- Cuando el TP_i asignado por el usuario se aproxima al tiempo optimista la probabilidad de que se ejecute el proyecto disminuye.
- Cuando el TP_i asignado por el usuario se aproxima al tiempo pesimista la probabilidad de que se ejecute el proyecto aumenta.

Recomendación:

Cuando un proyecto tiene más de una ruta crítica se debe tener en cuenta aquella que tenga mayor Varianza (o Desviación Estándar).

BIBLIOGRAFÍA.

- Taha, Handy, "Investigación de Operaciones"; Alfa Omega Grupo Editor, S.A. Quinta Edición. México. 1995.
- Gallagher, Charles, "Métodos cuantitativos para la toma de decisiones en administración"; Ed. Mc Graw Hill Internacional. México, 1982.
- Gould J. , "Investigación de Operaciones". Ed. Prentice Hall. 1987.

- Prawda, Juan, "Métodos y modelos de investigación de operaciones". Vol I; Ed. Limusa; México. 1982.
- Tierouf, Robert J., "Toma de decisiones por medio de investigación de operaciones"; Ed. Limusa; México; 1989.

DIAGRAMAS DE TIEMPO Y NIVELACION DE RECURSOS POR CARLOS E. VEGA MORENO

Enviado por:

Ing.+Lic. Yunior Andrés Castillo S.

"NO A LA CULTURA DEL SECRETO, SI A LA LIBERTAD DE INFORMACION"®

www.monografias.com/usuario/perfiles/ing_lic_yunior_andra_s_castillo_s/monografias

Página Web: yuniorandrescastillo.galeon.com

Correo: yuniorcastillo@yahoo.com

[yuniorandrescastillosilverio@facebook.com](https://www.facebook.com/yuniorandrescastillosilverio)

Twitter: @yuniorcastillos

Celular: 1-829-725-8571

Santiago de los Caballeros,

República Dominicana,

2015.

"DIOS, JUAN PABLO DUARTE Y JUAN BOSCH – POR SIEMPRE"®