



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

GUIA DE PRÁCTICAS
LABORATORIO TALLER 7
CPM-PERT-OPTIMIZACION

CARRERA: ASA ___ ASI X EM ___ ET ___

ASIGNATURA: Investigación de Operaciones CÓDIGO: TSI-434 GRUPO: GR1

FECHA: 31/01/16

APELLIDOS Y NOMBRES : Sánchez Arteaga Fredy Vicente

CÉDULA DE IDENTIDAD: 1725634552

1. PROPÓSITO DE LA PRÁCTICA:

- Aplicar los conocimientos adquiridos en clase, a través de ejercicios prácticos relacionados a la programación de proyectos

2. OBJETIVO GENERAL:

- Resolver problemas de CPM, PERT y optimización de tiempo-costo.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Aplicar conceptos en cuanto a:

- Determinación de ruta crítica y actividades críticas
- Determinación del tiempo esperado en base a tiempos pesimistas, optimistas y más esperados
- Determinación de tiempo y costo asociado a la intensificación (crashing) de actividades.

4. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES Y PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA:

INSTRUCCIONES:

- Resolver los ejercicios del anexo A.
- Subir el presente taller, en un solo documento en formato PDF, a turnitin hasta el 31 de enero de 2016.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

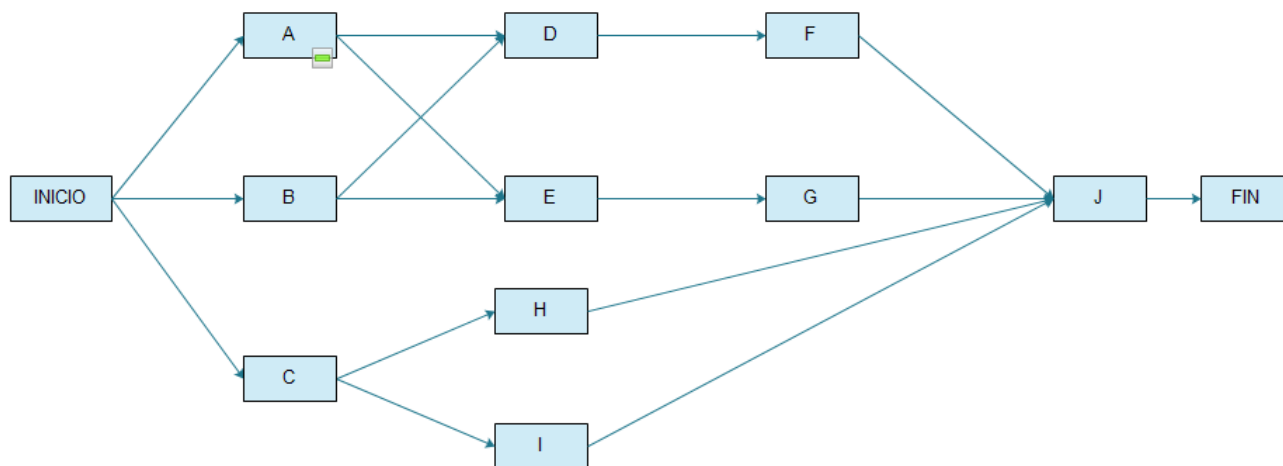
5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS:

- MS Excel
- Edraw Max
- SW Lingo.

6. RESULTADOS

1. La tienda de electrodomésticos Mohawk está diseñando un programa de entregamiento para personal que se va a incorporar a la empresa. La compañía quiere diseñar el programa de tal manera que los entrenamientos se realicen lo más pronto posible, para lo cual se realiza un relación de precedencia de actividades; de acuerdo a la siguiente tabla:

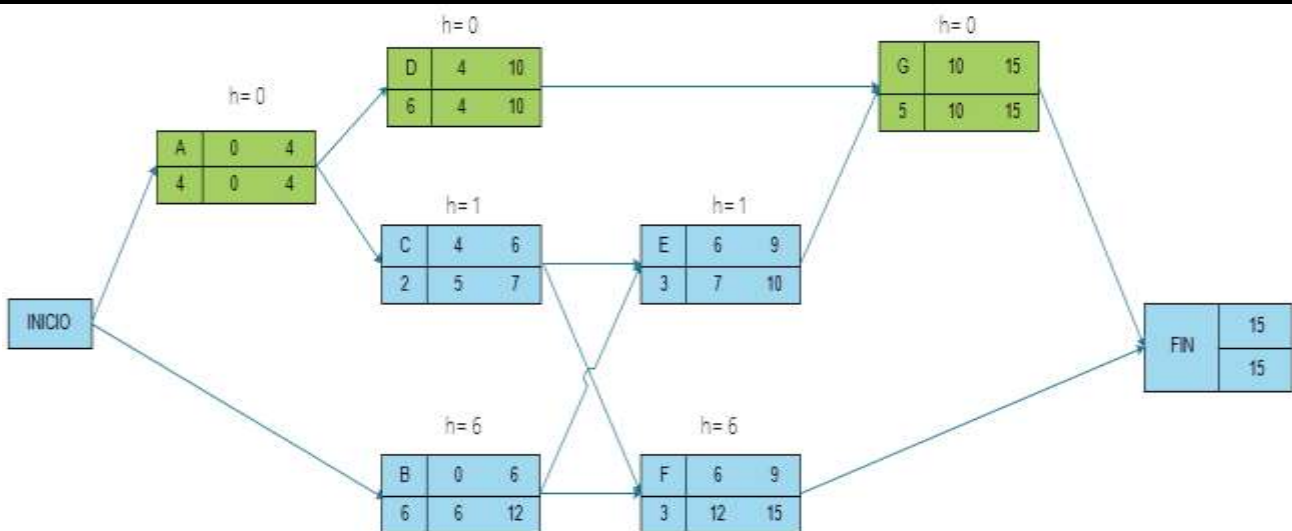
ACTIVIDAD	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
PREDECESOR	-	-	-	A,B	A,B	D	E	C	C	F,G,H,I



2. Un proyecto cuenta con las siguientes actividades y tiempos (en meses):

ACTIVIDAD	A	B	C	D	E	F	G
PREDECESOR	-	-	A	A	C,B	C,B	D,E
TIEMPO	4	6	2	6	3	3	5

a. Encuentre la ruta crítica

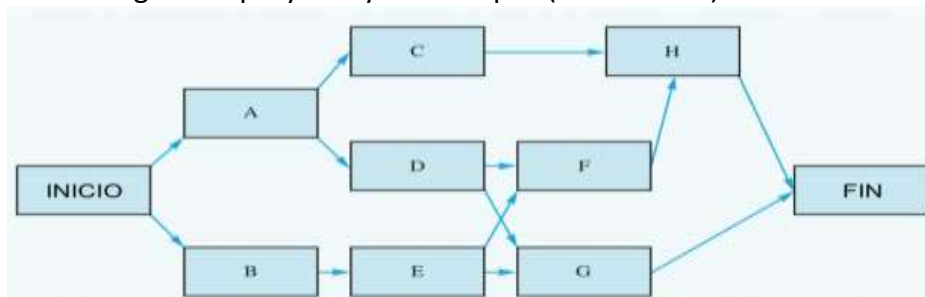


Ruta Crítica: A → D → G

b. El proyecto necesita ser terminado en un año y medio. ¿Puede anticipar que va a tener dificultades en cumplir este requerimiento?

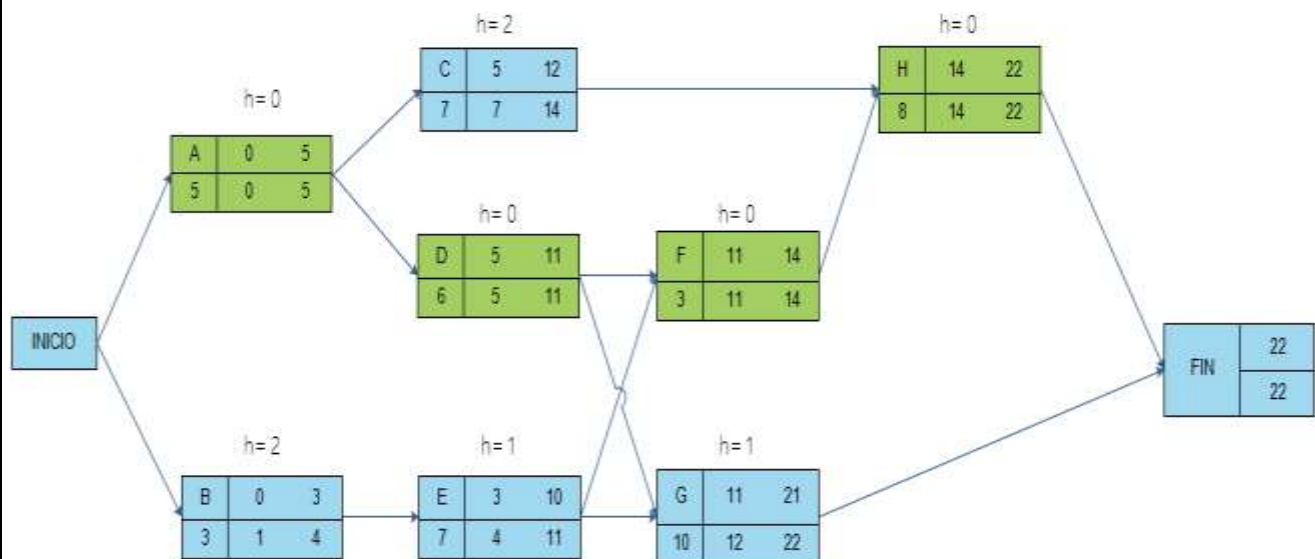
No se tendrá dificultades con el plazo de cumplimiento de 1 año y medio debido a que el proyecto termina en 1 año y 5 meses.

3. Considere la red del siguiente proyecto y sus tiempos (en semanas):



ACTIVIDAD	A	B	C	D	E	F	G	H
TIEMPO	5	3	7	6	7	3	10	8

a. Identificar la ruta crítica.



Ruta Crítica: A → D → F → H

b. ¿Cuánto tiempo se necesita para completar el proyecto?

El proyecto se encontrara completo en 22 semanas.

c. ¿La actividad D puede ser retrasada sin retrasar el tiempo total del proyecto? Si su respuesta es sí ¿con cuantas semanas?

NO, Ya que es una actividad critica.

d. ¿La actividad C puede ser retrasada sin retrasar el tiempo total del proyecto? Si su respuesta es sí ¿con cuantas semanas?

SI, Puede retrasarse en 2 semanas.

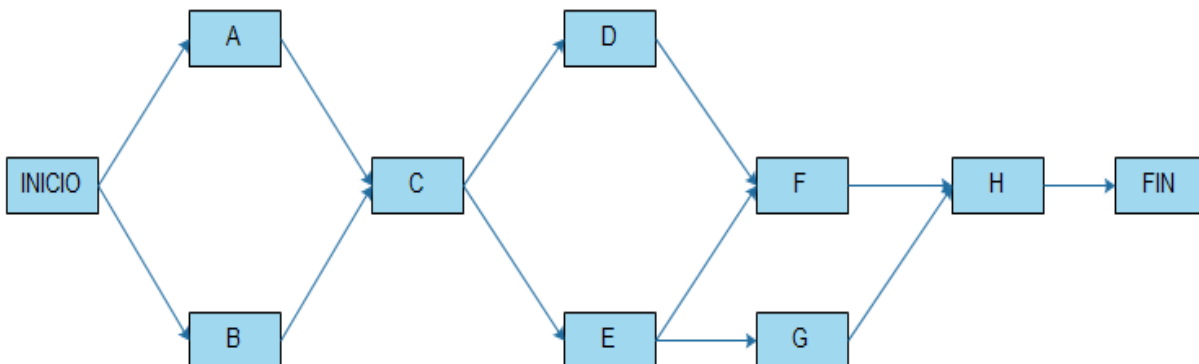
e. ¿Cuál es la programación de la actividad E? (ES,EF,LS,LF)

ES	→	3
LS	→	4
EF	→	10
LF	→	11

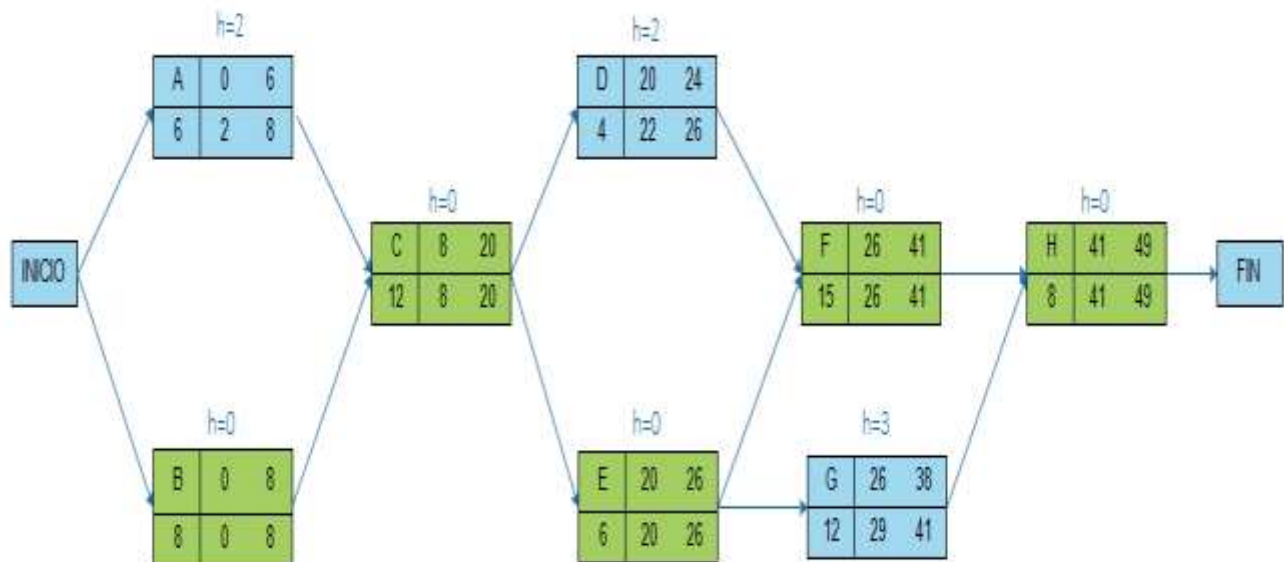
4. La Universidad Estatal de Melbourne está considerando en construir un complejo atlético en su campus. El complejo contempla la provisión de gimnasio, cancha de básquet, expansión de oficinas, aulas y piscina. Las siguientes actividades se deben desarrollar previo a la construcción del complejo:

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	PREDECESOR	TIEMPO (semanas)
A	Encuesta acerca del complejo	-	6
B	Desarrollar un diseño inicial	-	8
C	Obtener la aprobación del consejo	A,B	12
D	Seleccionar la constructora	C	4
E	Establecer un presupuesto	C	6
F	Finalizar el diseño	D,E	15
G	Obtener financiamiento	E	12
H	Contratar al constructor	F,G	8

a. Dibuje la red del proyecto.



b. Identifique la ruta crítica.



Ruta Crítica: B → C → E → F → H

c. Desarrolle la programación de actividades del proyecto. (Matriz con ES, EF, LS, LF y actividades críticas)

Actividad	ES	LS	EF	LF	Holgura	Actividad Crítica
A	0	2	6	8	2	NO
B	0	0	8	8	0	SI
C	8	8	20	20	0	SI
D	20	22	24	26	2	NO
E	20	20	26	26	0	SI
F	26	26	41	41	0	SI
G	26	29	38	41	3	NO
H	41	41	49	49	0	SI

d. ¿Cuánto tiempo se espera que dure el proyecto?

El proyecto se encontrara completo en 49 semanas.

5. Se dispone de los siguientes datos de tiempos (en días) de un pequeño proyecto:

ACTIVIDAD	T OPTIMISTA	T MÁS PROBABLE	T PESIMISTA
A	4	5	6
B	8	9	10
C	7	7.5	11
D	7	9	10
E	6	7	9
F	5	6	7

a. Calcule el tiempo esperado de cada actividad y su varianza.

Actividad	T. Optimista	T. mas Probable	T. Pesimista	T. Estimado	Varianza
A	4	5	6	5	0,11
B	8	9	10	9	0,11
C	7	7,5	11	8	0,44
D	7	9	10	8,83	0,25
E	6	7	9	7,17	0,25
F	5	6	7	6	0,11

b. Un analista determinó que la ruta crítica consiste de las actividades: B-D-F. Calcule el tiempo esperado de terminación.

Ruta Crítica: B → D → F

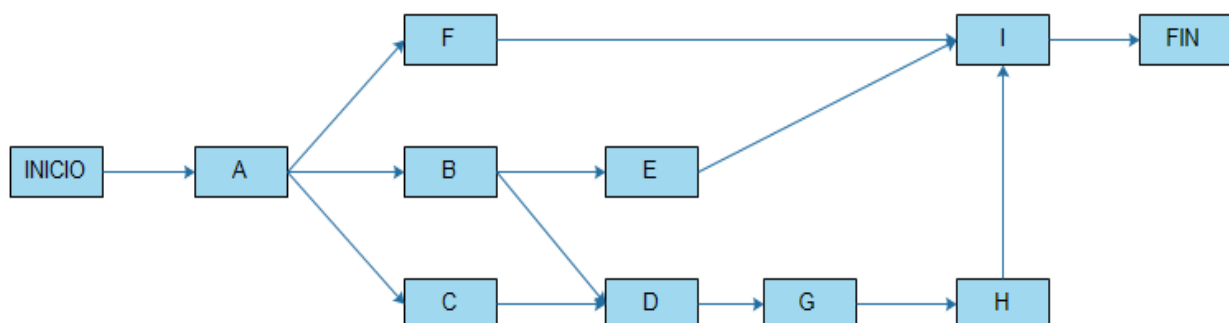
Tiempo Esperado:

$$9 + 8,83 + 6 = \mathbf{23,83}$$

6. El Gerente del club de piscinas Oak Hills está planeando una ampliación de infraestructura, para lo cual ha generado un proyecto con las siguientes actividades, predecesores y tiempos (en semanas):

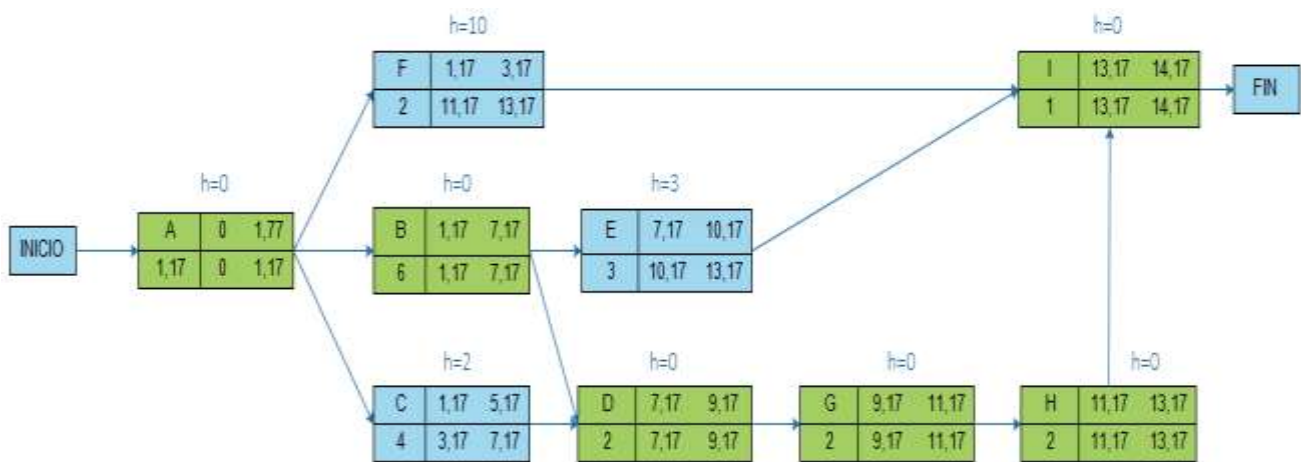
ACTIVIDAD	PREDECESOR	T OPTIMISTA	T MÁS PROBABLE	T PESIMISTA
A	-	1	1	2
B	A	4	6	8
C	A	2	4	6
D	B,C	1	2	3
E	B	2	3	4
F	A	1	2	3
G	D	1	2	3
H	G	1	2	3
I	E,H,F	1	1	1

a. Dibuje la red del proyecto



b. Desarrolle una programación de actividades (CPM)

Actividad	Predecesor	T. Optimista	T. mas Probable	T. Pesimista	Tiempo Esperado	Varianza
A	-	1	1	2	1,17	0,03
B	A	4	6	8	6	0,44
C	A	2	4	6	4	0,44
D	B,C	1	2	3	2	0,11
E	B	2	3	4	3	0,11
F	A	1	2	3	2	0,11
G	D	1	2	3	2	0,11
H	G	1	2	3	2	0,11
I	E,H,F	1	1	1	1	0,00



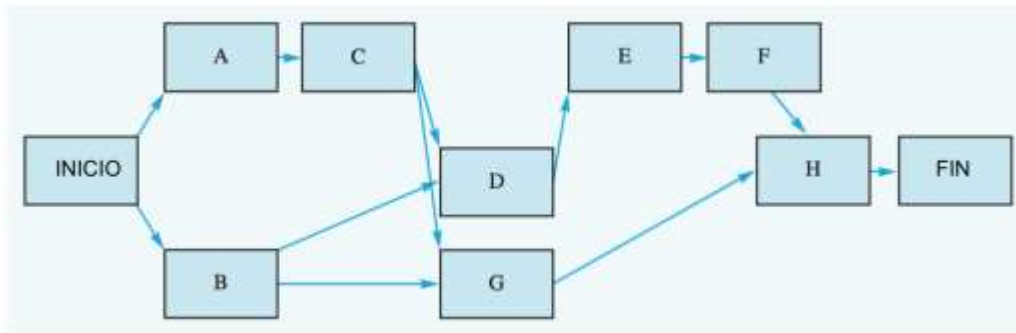
Actividad	ES	LS	EF	LF	Holgura	Actividad Crítica
A	0	0	1,17	1,17	0	SI
B	1,17	1,17	7,17	7,17	0	SI
C	1,17	3,17	5,17	7,17	2	NO
D	7,17	7,17	9,17	9,17	0	SI
E	7,17	10,17	10,17	13,17	3	NO
F	1,17	11,17	3,17	13,17	10	NO
G	9,17	9,17	11,17	11,17	0	SI
H	11,17	11,17	13,17	13,17	0	SI
I	13,17	13,17	14,17	14,17	0	SI

c. ¿Cuáles son las actividades críticas y cuál es el tiempo esperado de terminación del proyecto?

Ruta Crítica: A → B → D → G → H → I

El proyecto se encontrara completo en 14,17 semanas.

7. Las industrias Norton, está instalando un nuevo sistema de computadoras. Las actividades, sus tiempos (en semanas), y la red del proyecto se presentan a continuación:



Los cálculos de ruta crítica indican que el camino crítico es: B-D-E-F-H, y que el tiempo esperado de finalización del proyecto es de 21 semanas. Luego de revisar esta información el Gerente decide trabajar horas extras para completar el proyecto en 16 semanas, por lo que es necesario realizar un análisis de intensificación (crashing). La siguiente información es relevante para el estudio:

ACTIVIDAD	Tiempo Normal	Tiempo intensificado	Costo Normal	Costo Intensificado
A	3	1	900	1700
B	6	3	2000	4000
C	2	1	500	1000
D	5	3	1800	2400
E	4	3	1500	1850
F	3	1	3000	3900
G	9	4	8000	9800
H	3	2	1000	2000

a. Formular un modelo de programación lineal que permita tomar la decisión de intensificar el proyecto.

Actividad	Tiempo Maximo de Reduccion	Costo de Intensificacion por Semana
A	2	\$ 400,00
B	3	\$ 666,67
C	1	\$ 500,00
D	2	\$ 300,00
E	1	\$ 350,00
F	2	\$ 450,00
G	5	\$ 360,00
H	1	\$ 1.000,00

Función Objetivo.

$$\text{Min } z = 400y_A + 666,67y_B + 500y_C + 300y_D + 350y_E + 450y_F + 360y_G + 1000y_H$$

Restricciones en el tiempo.

1. $x_A + y_A \geq 3$
2. $x_B + y_B \geq 6$
3. $x_C + y_C - x_A \geq 2$
4. $x_D + y_D - x_C \geq 5$
5. $x_D + y_D - x_B \geq 5$
6. $x_E + y_E - x_D \geq 4$
7. $x_F + y_F - x_E \geq 3$
8. $x_G + y_G - x_C \geq 9$
9. $x_G + y_G - x_B \geq 9$
10. $x_H + y_H - x_F \geq 3$
11. $x_H + y_H - x_G \geq 3$

Tiempo estimado de Finalización.

12. $x_H \leq 16$

Intensificación Máxima.

13. $y_A \leq 2$
14. $y_B \leq 3$
15. $y_C \leq 1$
16. $y_D \leq 2$
17. $y_E \leq 1$
18. $y_F \leq 2$
19. $y_G \leq 5$
20. $y_H \leq 1$
21. No negatividad.

b. Resolver el problema (considerando minimizar los costos). ¿Cuál es el costo adicional para completar el proyecto en 16 semanas?

Solución Solver.

Datos del problema.

	YA	YB	YC	YD	YE	YF	YG	YH	XA	XB	XC	XD	XE	XF	XG	XH	TOTAL		Límites
Objetivo z	400	666,67	500	300	350	450	360	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	2426,67		
Restricción 1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	>=	3
Restricción 2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6	>=	6
Restricción 3	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	2	>=	2
Restricción 4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	5	>=	5
Restricción 5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	5	>=	5
Restricción 6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	4	>=	4
Restricción 7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	3	>=	3
Restricción 8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-1	0	0	0	1	0	9	>=	9
Restricción 9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	9	>=	9
Restricción 10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	1	3	>=	3
Restricción 11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	1	3	>=	3
Restricción 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	16	<=	16
Restricción 13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<=	2
Restricción 14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	<=	3
Restricción 15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<=	1
Restricción 16	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	<=	2
Restricción 17	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	<=	1
Restricción 18	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	<=	2
Restricción 19	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	<=	5
Restricción 20	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<=	1

Solución

	YA	YB	YC	YD	YE	YF	YG	YH	XA	XB	XC	XD	XE	XF	XG	XH	z
Solución	0	1	0	2	1	1	1	0	3	5	5	8	11	13	13	16	2426,67

Solución Lingo.

Lindo Model - 13.Sanchez_Taller7

```

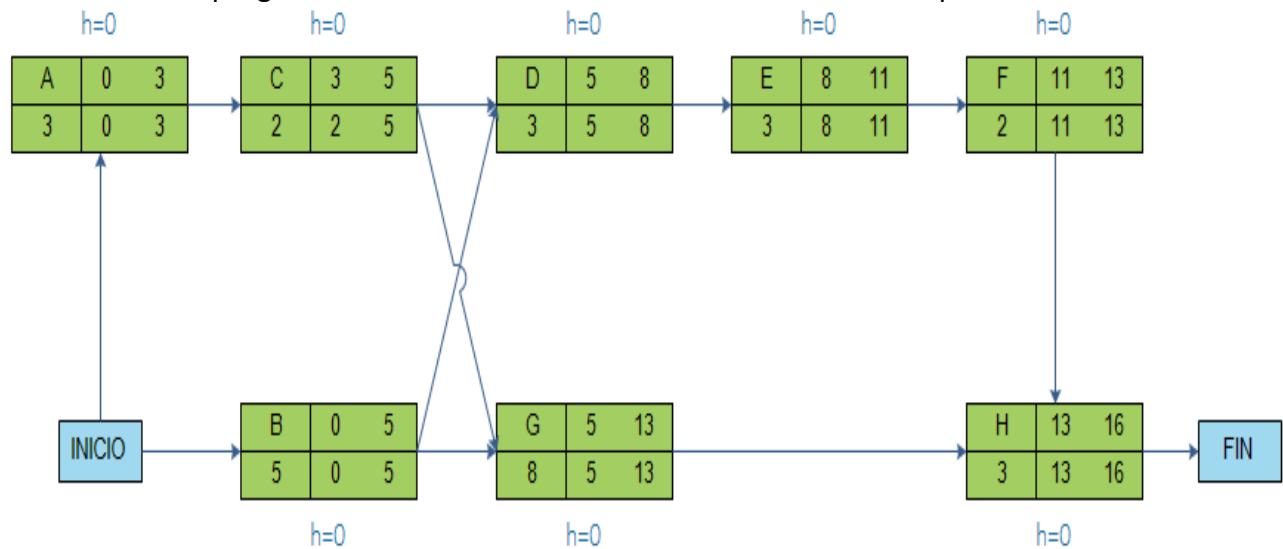
Min 400yA + 666.67yB + 500yC + 300yD + 350yE + 450yF + 360yG + 1000yH
s.t.
    xA+ yA>=3
    xB+yB>=6
    xC+yC-xA>=2
    xD+yD-xC>=5
    xD+yD-xB>=5
    xE+yE-xD>=4
    xF+yF-xE>=3
    xG+yG-xC>=9
    xG+yG-xB>=9
    xH+yH-xF>=3
    xH+yH-xG>=3
    Xh<=16
    yA<=2
    yB<=3
    yC<=1
    yD<=2
    yE<=1
    yF<=1
    yG<=5
    yH<=1
  
```

Lindo Model - 13.Sanchez_Taller7.Solucion

	Variable	Value	Reduced Cost
Global optimal solution found.	YA	0.000000	66.67000
Objective value:	YB	1.000000	0.000000
Infeasibilities:	YC	0.000000	166.6700
Total solver iterations:	YD	2.000000	0.000000
Elapsed runtime seconds:	YE	1.000000	0.000000
	YF	1.000000	0.000000
	YG	1.000000	0.000000
	YH	0.000000	0.000000
	XA	3.000000	0.000000
	XB	5.000000	0.000000
Model Class:	XC	5.000000	0.000000
	XD	8.000000	0.000000
	XE	11.00000	0.000000
	XF	13.00000	0.000000
	XG	13.00000	0.000000
	XH	16.00000	0.000000

Actividad	Tiempo Intensificado	Nuevo Tiempo	Costo de Intensificacion por Semana
A	0	3	\$ -
B	1	5	\$ 666,67
C	0	2	\$ -
D	2	3	\$ 600,00
E	1	3	\$ 350,00
F	1	2	\$ 450,00
G	1	8	\$ 360,00
H	0	3	\$ -
Costo total de intensificacion:			\$ 2.426,67

c. Desarrolle una programación de actividades basado en los nuevos tiempos intensificados.



Programación de actividades.

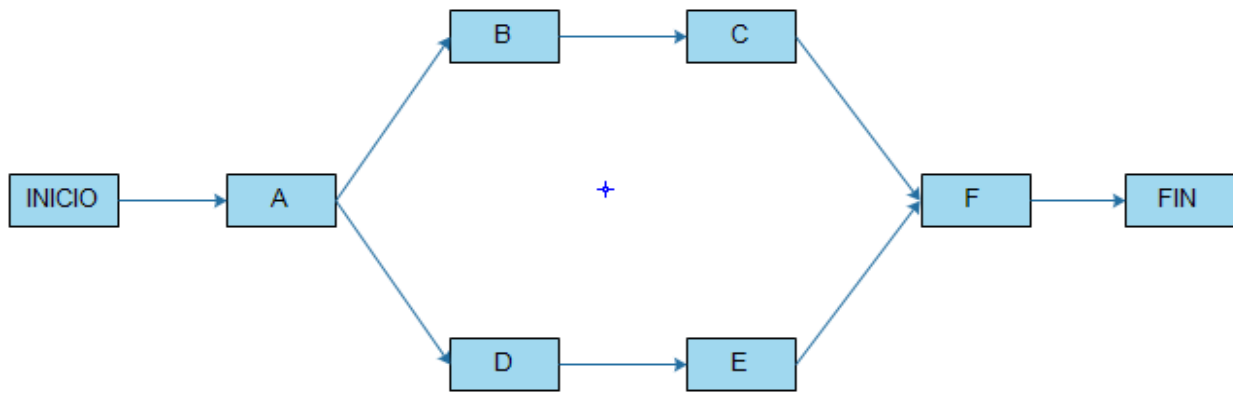
Actividad	ES	LS	EF	LF	Holgura	Actividad Crítica
A	0	0	3	3	0	SI
B	0	0	5	5	0	SI
C	3	3	5	5	0	SI
D	5	5	8	8	0	SI
E	8	8	11	11	0	SI
F	11	11	13	13	0	SI
G	5	5	13	13	0	SI
H	13	13	16	16	0	SI

Todas las actividades don criticas.

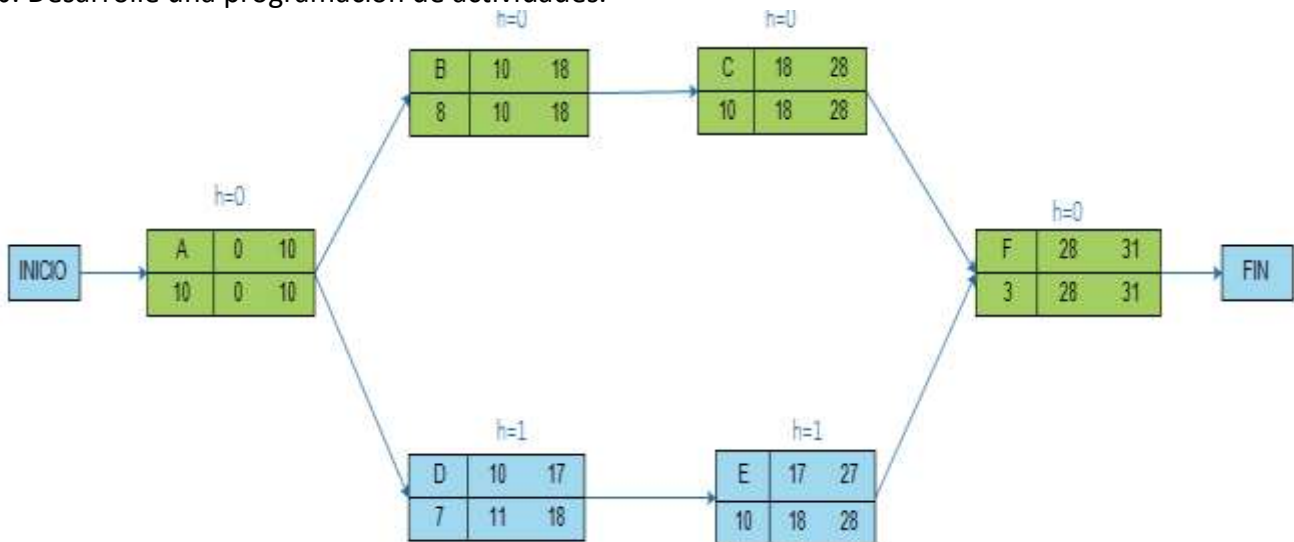
8. La compañía Office Automation, desarrolló una propuesta para la instalación de un sistema de oficinas computarizadas, el cual incrementará el proceso de comunicación de una empresa en particular. En la propuesta presentada se encuentran los siguientes datos:

Actividad	Descripción	Predecesor	TIEMPO (semanas)		COSTO (\$1000s)	
			Normal	Intensificado	Normal	Intensificado
A	Diseñar los planos	-	10	8	30	70
B	Comprar los equipos	A	8	6	120	150
C	Instalar los equipos	B	10	7	100	160
D	Instalar el laboratorio de entrenamiento	A	7	6	40	50
E	Realizar los cursos de entrenamiento	D	10	8	50	75
F	Pruebas del equipo	C,E	3	3	60	-

a. Desarrolle una red del proyecto.



b. Desarrolle una programación de actividades.



Actividad	ES	LS	EF	LF	Holgura	Actividad Crítica
A	0	0	10	10	0	SI
B	10	10	18	18	0	SI
C	18	18	28	28	0	SI
D	10	11	17	18	1	NO
E	17	18	27	28	1	NO
F	28	28	31	31	0	SI

c. ¿Cuáles son las actividades críticas, y cuál es el tiempo esperado de terminación del proyecto?

Ruta Crítica: A → B → C → F

El proyecto se encontrara completo en 31 semanas.

d. Asuma que la compañía requiere completar el proyecto en 6 meses (26 semanas). ¿Qué decisiones de intensificación recomendaría para completar esta meta en el menor costo posible?

Actividad	Tiempo Maximo de Reduccion	Costo de Intensificacion por Semana
A	2	\$ 20,00
B	2	\$ 15,00
C	3	\$ 20,00
D	1	\$ 10,00
E	2	\$ 12,50
F	0	\$ -

Función Objetivo.

$$\text{Min } z = 20y_A + 15y_B + 20y_C + 10y_D + 12,50y_E + 0y_F$$

Restricciones en el tiempo.

1. $x_A + y_A \geq 10$
2. $x_B + y_B - x_A \geq 8$
3. $x_C + y_C - x_B \geq 10$
4. $x_D + y_D - x_A \geq 7$
5. $x_E + y_E - x_D \geq 10$
6. $x_F + y_F - x_C \geq 3$
7. $x_F + y_F - x_E \geq 3$

Tiempo estimado de Finalización.

8. $x_F \leq 26$

Intensificación Máxima.

9. $y_A \leq 2$
10. $y_B \leq 2$
11. $y_C \leq 3$
12. $y_D \leq 1$
13. $y_E \leq 2$
14. $y_F \leq 0$
15. *No negatividad.*

Solución Solver.

Datos del problema.

	YA	YB	YC	YD	YE	YF	XA	XB	XC	XD	XE	XF	TOTAL		Límites
Objetivo z	20	15	20	10	12,5	0	0	0	0	0	0	0	112,50		
Restricción 1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	10,00	>=	10
Restricción 2	0	1	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	8,00	>=	8
Restricción 3	0	0	1	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	10,00	>=	10
Restricción 4	0	0	0	1	0	0	-1	0	0	1	0	0	7,00	>=	7
Restricción 5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-1	1	0	10,00	>=	10
Restricción 6	0	0	0	0	0	1	0	0	-1	0	0	1	3,00	>=	3
Restricción 7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-1	1	3,00	>=	3
Restricción 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	26,00	<=	26
Restricción 9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,00	<=	2
Restricción 10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,00	<=	2
Restricción 11	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00	<=	3
Restricción 12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00	<=	1
Restricción 13	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1,00	<=	2
Restricción 14	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,00	<=	0

Solución

	YA	YB	YC	YD	YE	YF	XA	XB	XC	XD	XE	XF	z
Solución	2	2	1	1	1	0	8	14	23	14	23	26	112,50

Solución Lingo.



Lindo Model - 13.Sanchez_Taller7

Min 20yA + 15yB + 20yC + 10yD + 12.50yE + 0yF

s. t.

$x_A + y_A \geq 10$
 $x_B + y_B - x_A \geq 8$
 $x_C + y_C - x_B \geq 10$
 $x_D + y_D - x_A \geq 7$
 $x_E + y_E - x_D \geq 10$
 $x_F + y_F - x_C \geq 3$
 $x_F + y_F - x_E \geq 3$
 $x_F \leq 26$
 $y_A \leq 2$
 $y_B \leq 2$
 $y_C \leq 3$
 $y_D \leq 1$
 $y_E \leq 2$
 $y_F \leq 0$

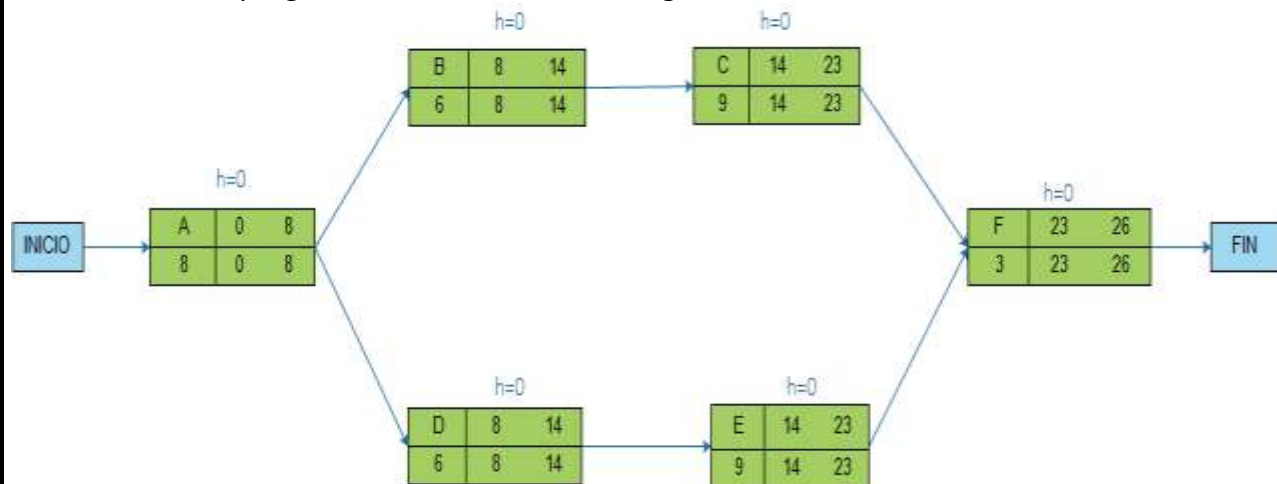


Solution Report - 13.Sanchez_Taller7

	Variable	Value	Reduced Cost
Global optimal solution found.	YA	2.000000	0.000000
Objective value:	YB	2.000000	0.000000
Infeasibilities:	YC	1.000000	0.000000
Total solver iterations:	YD	1.000000	0.000000
Elapsed runtime seconds:	YE	1.000000	0.000000
	XA	8.000000	0.000000
	XB	14.000000	0.000000
Model Class:	XC	23.000000	0.000000
	XD	14.000000	0.000000
	XE	23.000000	0.000000
	XF	26.000000	0.000000
	YF	0.000000	0.000000

Actividad	Tiempo Intensificado	Nuevo Tiempo	Costo de Intensificación por Semana
A	2	8	\$ 40,00
B	2	6	\$ 30,00
C	1	9	\$ 20,00
D	1	6	\$ 10,00
E	1	9	\$ 12,50
F	0	3	\$ -
Costo total de intensificación:			\$ 112,50

e. Desarrolle una programación de actividades luego de la intensificación.



Programación de actividades.

Actividad	ES	LS	EF	LF	Holgura	Actividad Crítica
A	0	0	8	8	0	SI
B	8	8	14	14	0	SI
C	14	14	23	23	0	SI
D	8	8	14	14	0	SI
E	14	14	23	23	0	SI
F	23	23	26	26	0	SI

Todas las actividades son críticas.

f. ¿Qué costos adicionales incurriría el proyecto si se desea completarlo en 6 meses?

El costo adicional debido a la intensificación sería de : \$ 112,50

7. CONCLUSIONES

- Un determinado proyecto que se establece ser terminado en un periodo puede ser intensificado en una cantidad pero sin embargo tendremos que pagar un valor económico mayor.

- Al realizar un análisis CPM/PERT permite reconocer todas las actividades que son críticas y a su vez determinar las holguras en cada actividad.
- Para realizar la Optimización del tiempo costo es fundamental detallar las actividades, la ruta crítica los tiempos máximos de intensificación y valores económicos agregados.

8. BIBLIOGRAFÍA REFERENCIAL:

[1] D. Anderson, D. Sweeney, T. Williams, J. Camm and K. Martin, An introduction to management science, quantitative approaches to decision making, 13th ed. Mason, USA: South-Western CENGAGE Learning, 2012.

Fredy Sánchez Arteaga

FIRMA DEL ESTUDIANTE