

PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS

INFONAVIT

Del 26 al 30 de enero
1981

Directorio de Profesores

ING. JOSE CASTRO ORVAÑANOS
DIRECTOR
COMINDE
ESPARZA OTEO # 160 MEXICO 20, D. F.
TEL. 550-09-48 548-42-63

ING. ISMAEL FERNANDO ARROYO CASTAÑON
SUPERVISOR DE OBRA CIVIL, PLANEACION Y CONTROL
COMINDE
ESPARZA OTEO # 160
TEL. 550-09-48

ING. ANDRES RODRIGUEZ RAMOS
RESIDENTE DE SUPERVISION
COMINDE
ESPARZA OTEO # 160
TEL. 550-09-48

ING. JOSE OTHON MARTINEZ SOLIS
RESIDENTE DE SUPERVISION
COMINDE
ESPARZA OTEO # 160
TEL. 550-09-48

ING. PEDRO LEONEL COBOS RODRIGUEZ
JEFE DE FRENTE DE SUPERVISION
COMINDE
ESPARZA OTEO # 160
TEL. 550-09-48

ING. MARCELINO H. SOSA ITURBE
SUPERVISOR DE OBRA CIVIL
COMINDE
ESPARZA OTEO # 160
TEL. 550-09-48 y 583-23-85

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

CURSO: PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS
INFONAVIT

FECHA: Del 26 al 30 de enero 1981

		DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	MANTENIMIENTO DEL INTERES. (COMUNICACION CON LOS ASISTENTES, AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION).	PUNTUALIDAD
CONFERENCISTA					
1.	ING. JOSE CASTRO ORVARANOS				
2.	ING. P. LEONEL COBOS RODRIGUEZ				
3.	ING. MARCELINDO H. SOSA ITURBE				
4.	ING. JOSE OTHON MARTINEZ SOLIS				
5.	ING. ISMAEL ARROYO CASTARON				
6.	ING. ANDRES RODRIGUEZ RAMOS				
7.	ARQ. FCO. JAVIER SAN MIGUEL AGUILAR				
8.	ING. ROBERTO GARRIDO TOLEDO				
9.					
ESCALA DE EVALUACION : 1 a 10					

EVALUACION DEL CURSO

CONCEPTO		EVALUACION
1.	APLICACION INMEDIATA DE LOS CONCEPTOS EXPUESTOS	
2.	CLARIDAD CON QUE SE EXPUSIERON LOS TEMAS	
3.	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO CON EL CURSO	
4.	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO	
5.	CONTINUIDAD EN LOS TEMAS DEL CURSO	
6.	CALIDAD DE LAS NOTAS DEL CURSO	
7.	GRADO DE MOTIVACION LOGRADO EN EL CURSO	

ESCALA DE EVALUACION DE 1 A 10

1. ¿Qué le pareció el ambiente en la División de Educación Continua?

MUY AGRADABLE	AGRADABLE	DESAGRADABLE

2. Medio de comunicación por el que se enteró del curso:

PERIODICO EXCELSIOR ANUNCIO TITULADO DE VISION DE EDUCACION CONTINUA	PERIODICO NOVEDADES ANUNCIO TITULADO DE VISION DE EDUCACION CONTINUA	FOLLETO DEL CURSO

CARTEL MENSUAL	RADIO UNIVERSIDAD	COMUNICACION CARTA, TELEFONO, VERBAL, ETC.

REVISTAS TECNICAS	FOLLETO ANUAL	CARTELETA UNAM "LOS UNIVERSITARIOS HOY"	GACETA UNAM

3. Medio de transporte utilizado para venir al Palacio de Minería:

AUTOMOVIL PARTICULAR	METRO	OTRO MEDIO

4. ¿Qué cambios haría usted en el programa para tratar de perfeccionar el curso?

5. ¿Recomendaría el curso a otras personas?

SI	NO

6. ¿Qué cursos le gustaría que ofreciera la División de Educación Continua?

7. La coordinación académica fue:

EXCELENTE	BUENA	REGULAR	MALA

8. Si está interesado en tomar algún curso intensivo ¿Cuál es el horario más conveniente para usted?

LUNES A VIERNES DE 9 A 13 H. Y DE 14 A 18 H. (CON COMIDAS)	LUNES A VIERNES DE 17 A 21 H.	LUNES, MIÉRCOLES Y VIERNES DE 18 A 21 H.	MARTES Y JUEVES DE 18 A 21 H.

VIERNES DE 17 A 21 H. SABADOS DE 9 A 14 H.	VIERNES DE 17 A 21 H. SABADOS DE 9 A 13 Y DE 14 A 18 H.	O T R O

9. ¿Qué servicios adicionales desearía que tuviese la División de Educación Continua, para los asistentes?

10. Otras sugerencias:



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS

REPRESENTACION EN BARRAS

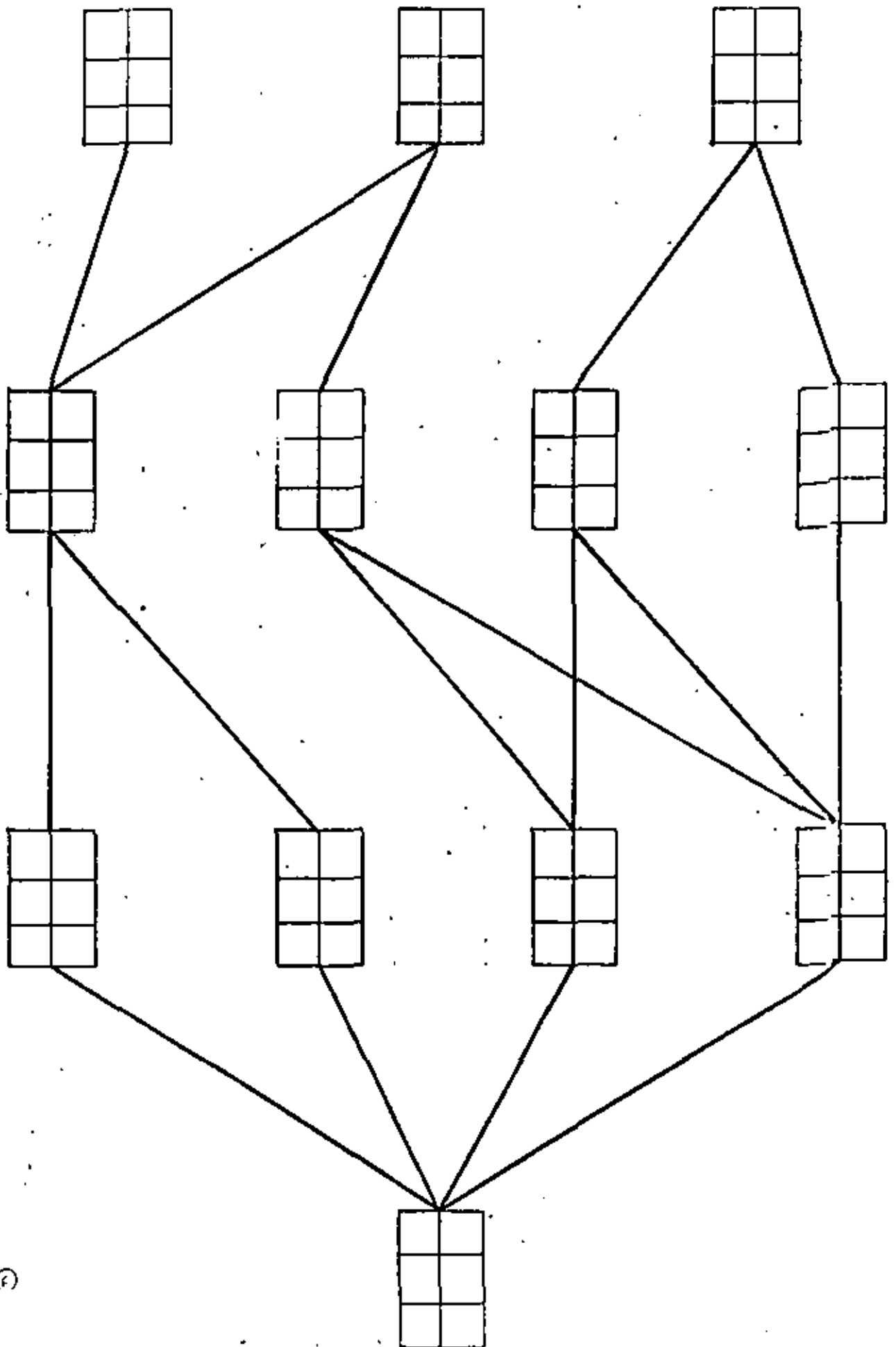
PROF.ING. LEONEL COBOS RODRIGUEZ

Enero de 1981.

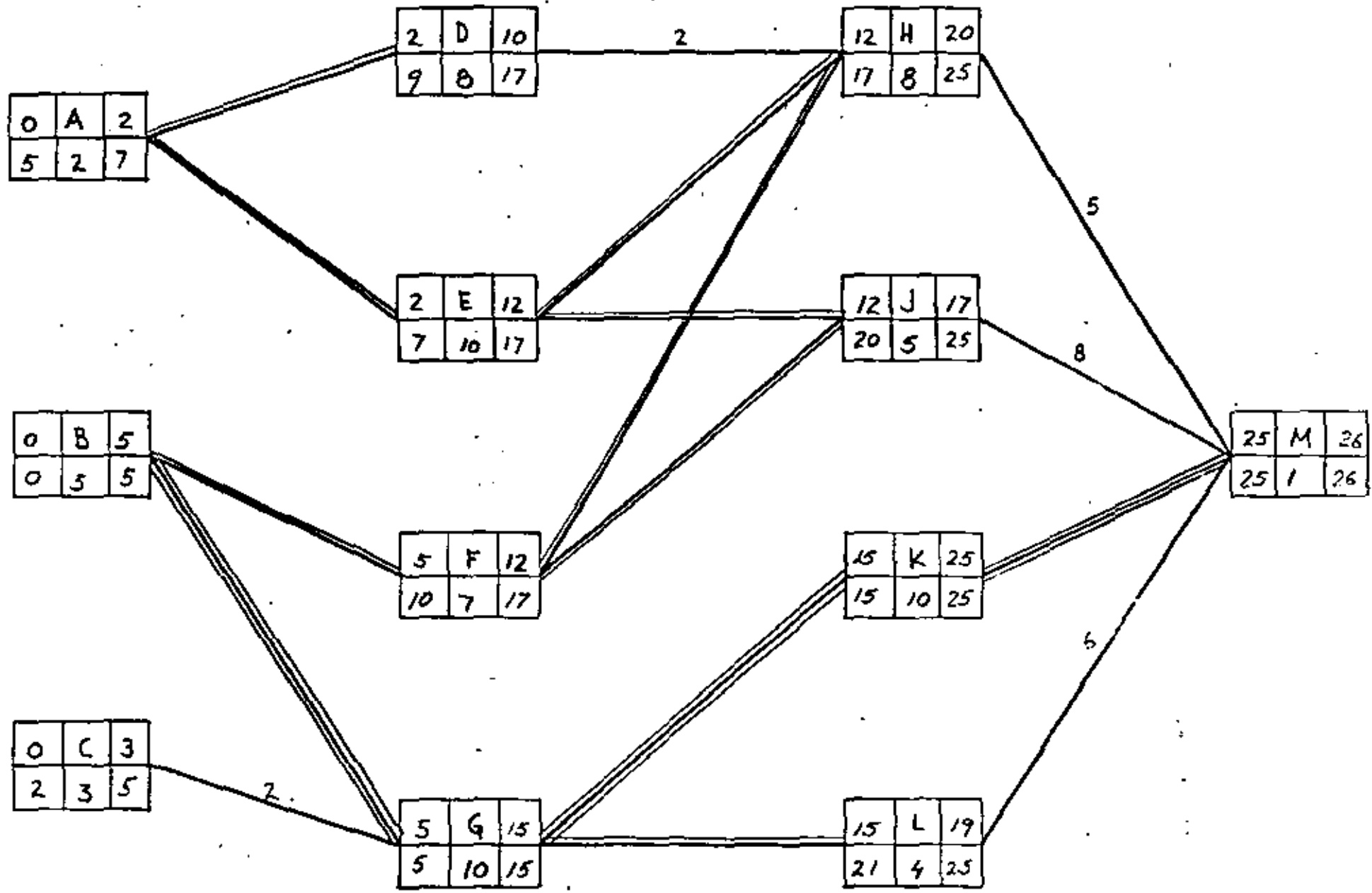
2.- Trazar la red correspondiente, traducir a diagrama de barras y programa de recursos con los siguientes datos:

Actividad	Precedida por:	Duración	Recursos/día
A	----	2	2m, 1q
B	----	5	1p, 1r
C	----	3	1m, 1q
D	A	8	1p, 1q
E	A	10	2m, 2r
F	B	7	2p, 1q
G	B, C	10	1m, 1q
H	D, E, F	8	2p, 1q
J	E, F	5	2p, 1r
K	G	10	3m, 1r
L	G	4	2p, 1q
M	H, J, K, L	1	2p, 1r

2



(4)

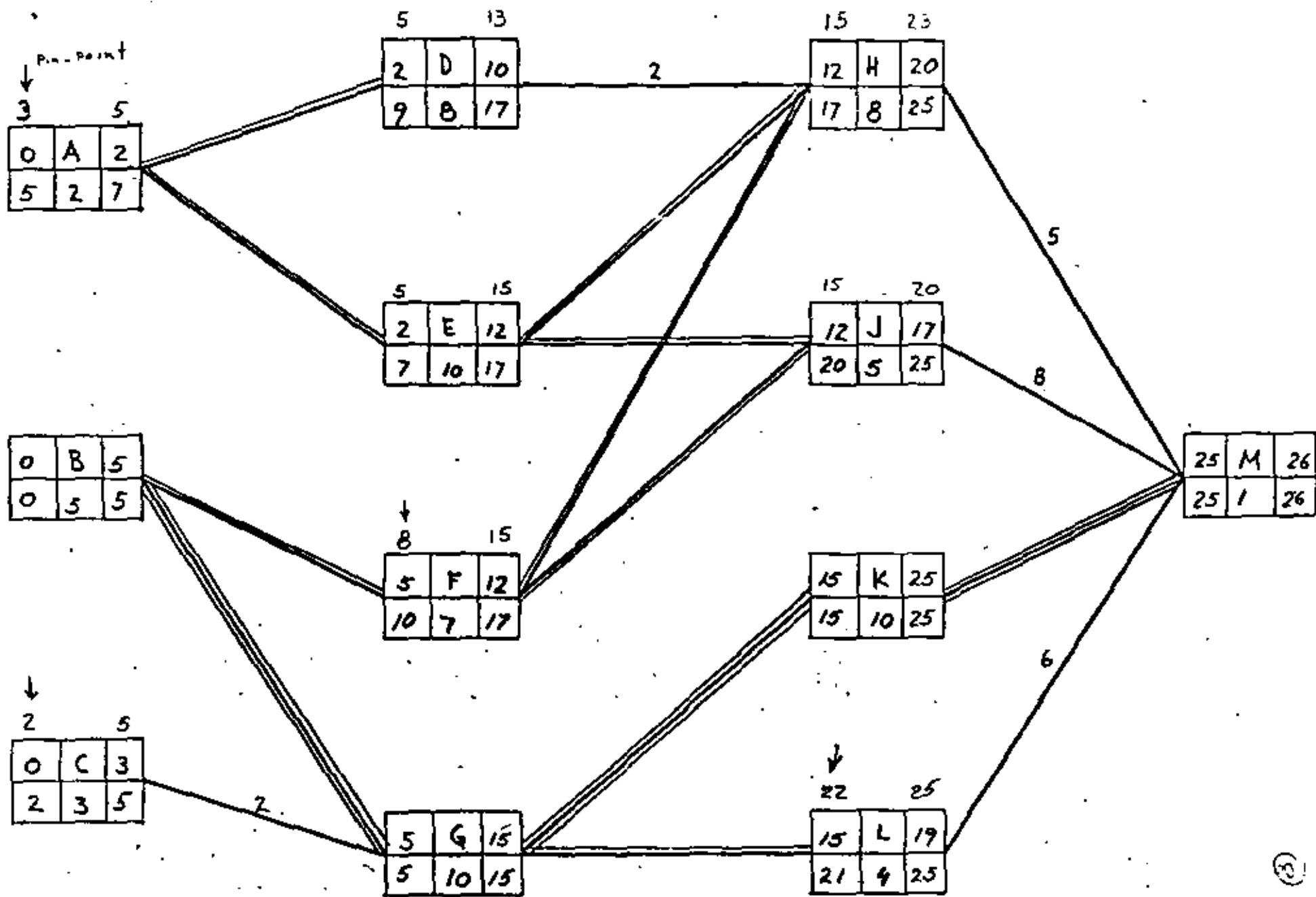


PROGRAMA DE OBRA
DIAGRAMA DE BARRAS

ACTIVIDADES		SEMANAS																		
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50									
A	303	22																		
B	111	1111																		
C	111	111																		
D	111	1111	1111	1111																
E	222	222	222	222	22															
F	222	222	222	222	22															
G	222	222	222	222	22															
H	222	222	222	222	22															
J	222	222	222	222	22															
K	333	333	333	333	333	333	333													
L	222	222	222	222	222															
M	m									2										
TOTALES																				
m		33322	33333	33111	33333	33333	2													69m
p		11222	33333	22444	66220	00000														55p
q		22211	33333	22222	22110	00000														39q
r		11333	22222	22111	22111	11111														40r

PROGRAMA DE OBRA
DIAGRAMA DE BARRAS

ACTIVIDADES	SEMANAS									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
A	2 2		*							
B										
C		*								
D										
E	2 2 2	2 2 2 2 2	2 2 2 2 2	2 2 2 2 2						
F		2 2 2 2 2			*					
G										
H			2 2 2 2 2	2 2 2 2 2						
J			2 2 2 2 2	2 2 2 2 2						
K				3 3 3 3 3	3 3 3 3 3					
L				2 2 2 2 2	2 2 2 2 2	*				
M					2					
TOTALES										
m	3 3 3 2 2	3 3 3 3 3	3 3 1 1 1	3 3 3 3 3	3 3 3 3 3	2				69 m
p	1 1 2 2 2	3 3 3 3 3	2 2 4 4 4	6 6 2 2 0	0 0 0 0 0					55 p
q	2 2 2 1 1	3 3 3 3 3	2 2 2 2 2	2 2 1 1 0	0 0 0 0 0					39 q
r	1 1 3 3 3	2 2 2 2 2	2 2 1 1 1	2 2 1 1 1	1 1 1 1 1					40 r





centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



001 1

PROGRAMACION Y
CONTROL DE OBRAS

M. en C. José Castro Orvañanos

Octubre de 1981

I N D I C E

1.	EL PROCESO CONSTRUCTIVO	1
2.	PLANEACION	2
3.	CONTROL	4
4.	EL METODO DE LA RUTA CRITICA	6
5.	TECNICAS DE ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS APLICADAS A LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION	54
	BIBLIOGRAFIA	87

ANEXOS: 1

1. EL PROCESO CONSTRUCTIVO

Si se considera al proceso constructivo como un sistema, podrá representársele esquemáticamente en la siguiente forma:

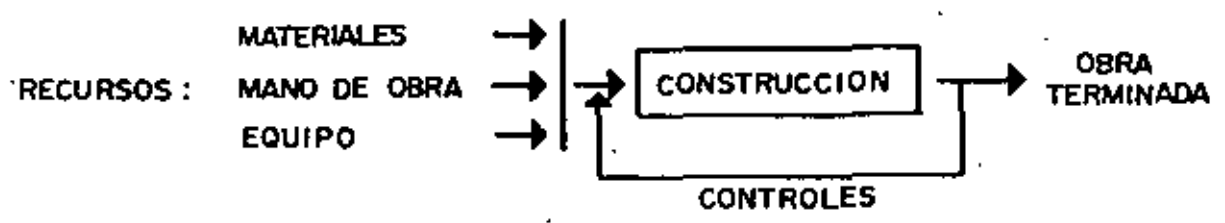


FIG. 1

Para lograr un buen producto terminado, en calidad, en precio, y a tiempo, será necesario que el constructor ponga en juego toda su experiencia, conocimientos e inventiva, para poder optimizar el uso de los recursos disponibles y minimizar las desviaciones que vayan ocurriendo a lo largo de la obra con relación a lo previsto.

2. PLANEACION

En forma convencional, puede definirse la planeación de las obras como la etapa en donde el constructor prevé lo que acontecerá en el campo.

En esta etapa se definirán los procedimientos de construcción a seguir, los recursos con que se contará para realizar los trabajos y los rendimientos que de ellos se esperan.

De lo anterior se desprende que mientras mejor sea la calidad de la planeación, menos problemas e imprevistos se tendrán en la obra, y esta calidad dependerá del conocimiento del proyecto (alcances de las especificaciones, cubicaciones, etc...) y de la información, tanto de los recursos disponibles (materiales, mano de obra y equipo) como del lugar mismo donde se realizará la construcción (servicios existentes, clima, topografía, accesos, etc...).

El resultado de lo planeado en términos de dinero, lo constituye el presupuesto; el programa también lo es, pero en términos de tiempo. La interrelación o dependencia que existe entre planeación-programa-presupuesto, podría representarse como sigue:

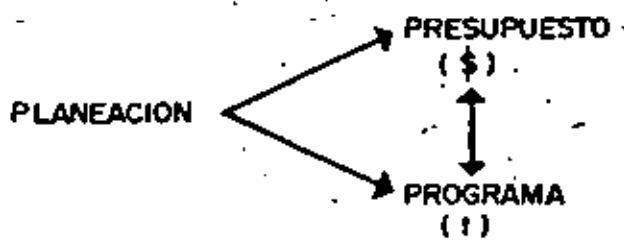


FIG. 2

Cabe aclarar que el proceso de planeación es iterativo, ya que cuando el costo o el tiempo de realización correspondiente a una determinada planeación, no son del todo satisfactorios, será necesario replanear la obra las veces que sea necesario hasta llegar a un resultado aceptable.

Lógicamente, es imposible lograr una planeación perfecta, ya que siempre existirán contingencias imprevisibles, y por lo tanto, siempre habrá desviaciones de los planes originales.

3. CONTROL

Aunque existen varias acepciones del término control, se entenderá en adelante como el detectar las desviaciones entre lo que se pensaba que iba a suceder y lo que realmente sucede en la obra.

Tradicionalmente existen tres tipos de control: control de calidad, control de costo y control de avance; aunque en realidad existen otros controles, como el financiero, el de personal, etc... Habrá tantos controles como comparaciones se hagan.

Para que un control se califique como "bueno", deberá ser completo, veraz y oportuno. Con estas tres cualidades del control, será posible tener una visión realista de las cosas, y se facilitará tomar acciones correctivas apropiadas.

Como para corregir las desviaciones será necesario replanear las actividades, el proceso constructivo puede quedar expresado de la siguiente manera:

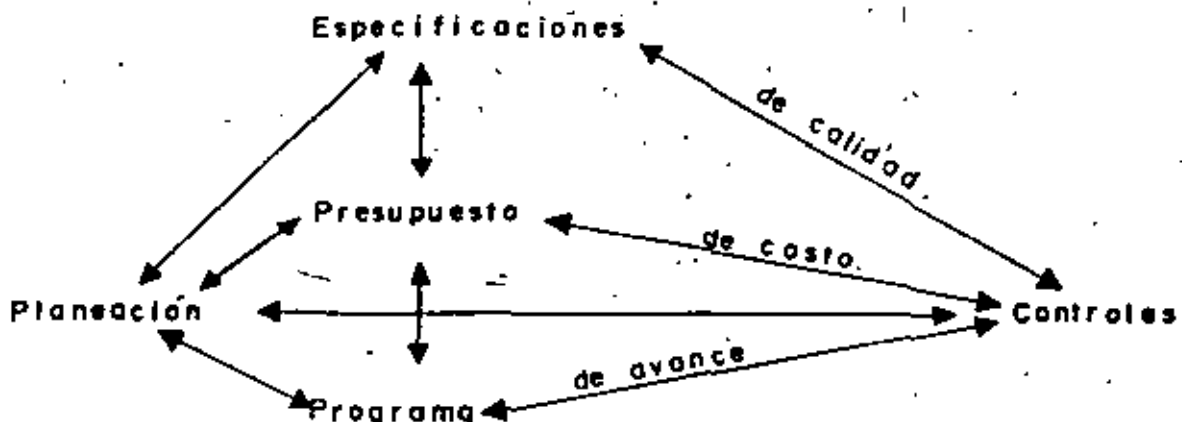


FIG. 3

Como una ayuda a la realización más eficiente y racional de las etapas de planeación y control de avance de obra, se desarrolló el método de la ruta crítica, cuya descripción y forma de aplicación aparece a continuación.

4. EL METODO DE LA RUTA CRITICA

4.1 INTRODUCCION

En ocasiones se ha confundido al método de la ruta crítica o CPM (Critical Path Method) con el método PERT (Program Evaluation Research Task), porque ambos métodos de programación utilizan redes de actividades y por haber sido desarrollados prácticamente en la misma época. Sin embargo, tienen una diferencia fundamental que los hace aplicables a problemas muy distintos.

La ruta crítica es un método determinista (define una duración específica para cada actividad) y su aplicación es sumamente útil en la planeación y control de obras, siempre y cuando dicha aplicación sea dinámica y su uso sea sencillo y práctico con los recursos de que se disponga.

El PERT es un método probabilista (define duraciones medias, optimistas y pesimistas para cada actividad) y se usa en la elaboración de programas de ciertos proyectos sumamente complejos e inciertos, en los que se requiere manejar datos probabilísticos, como fue el caso del proyecto Polaris o del proyecto Apolo, en donde hubo que programar actividades que requieran de elementos que aún no se conocían y cuya duración era imposible de definir en forma determinística. Su aplicación a la construcción resulta poco recomendable, no sólo por la mayor complejidad de su cálculo, sino por el volumen de información que requiere.

Por las razones expuestas, y como estas notas están dirigidas a constructores, en adelante sólo se hablará del CPM.

Aunque en ocasiones el tamaño y la complejidad de algunos proyectos, tales como las refinerías, requieren para su aplicación del uso de una computadora, en la mayoría de las obras es posible prescindir de ella. Por ello y porque es necesario dominar la mecánica del método para sacar

provecho de él, se enfocará su descripción y su aplicación en forma manual, sin utilizar la computadora en absoluto.

Para su estudio, el método se dividirá en tres fases o etapas:

La primera se ocupa de la elaboración de la red de actividades, o sea, la representación gráfica de las secuencias definidas en la etapa de planeación.

La segunda calcula el programa de obra, definiendo las fechas de inicio y terminación de cada actividad, con sus distintos tipos de holguras y su representación gráfica. En esta etapa se incluye la reasignación de recursos y la determinación de los programas colaterales de obra, tales como de equipo, de personal, etc...

La tercera estudia la compresión de la red y el cálculo de la curva tiempo-costos mínimo.

4.2 PRIMERA FASE CONSTRUCCION DE LA RED DE ACTIVIDADES

La red de actividades es la representación gráfica de la secuencia en que se desarrollarán las actividades en la obra. Para su elaboración se usan las notaciones de las flechas y la de los nodos. Ambas suponen las siguientes hipótesis:

- a) Que las actividades no se traslapen. Para poder iniciar alguna actividad, deben terminarse completamente todas las actividades que le preceden.
- b) Las actividades son independientes en cuanto a su realización, y sólo tienen relación entre sí en cuanto a su secuencia de ejecución.

La notación de las flechas fue la primera en usarse, y aunque en la práctica se le considera obsoleta, todavía es usada en la actualidad por programadores de computadora o por ciertos "consultores en ruta crítica". Los primeros la usan porque les facilita su trabajo, y los segundos, porque dicha notación implica varios problemas que hacen difícil el uso del método en obra, lo que hace necesaria su presencia y justifica su contratación.

La notación de nodos, por su sencillez y porque elimina los problemas que se presentan en la otra notación, es la más usada en la actualidad.

4.2.1 Comparación de las dos notaciones

Con objeto de comparar las dos notaciones en forma clara, se escogió un problema específico muy sencillo, consistente en el tendido de una tubería en un tramo de 240m de largo, cuya excavación tiene 1.m² de sección:

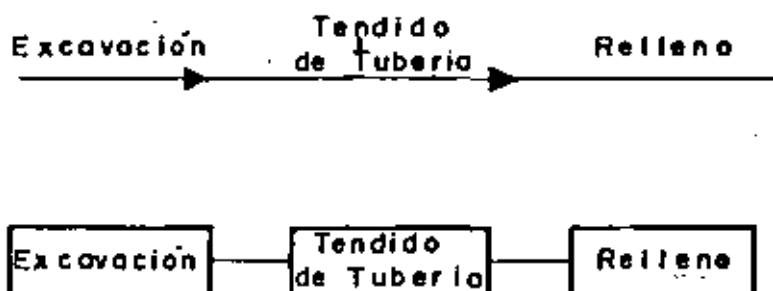
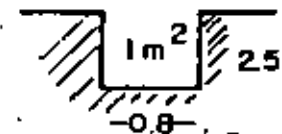
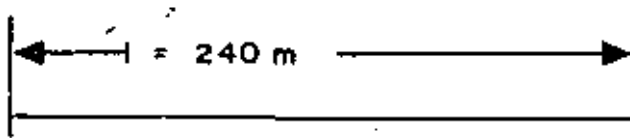


FIG. 4

Si se piensa que se debe empezar a colocar la tubería cuando esté terminada la mitad de la excavación, como por la hipótesis no se pueden traslapar las actividades, habrá necesidad de dividir la longitud total en dos partes, y si llamamos a la primera parte Zona A y a la segunda parte Zona B, la red de actividades quedará como sigue para cada notación:

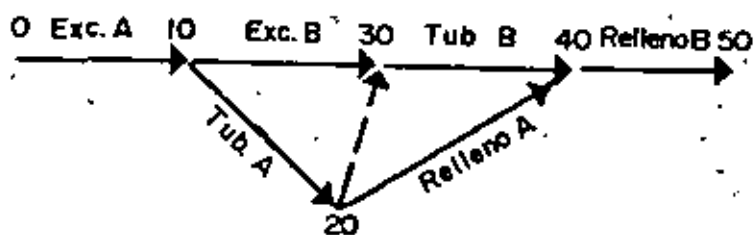
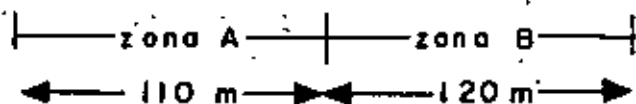


FIG. 5

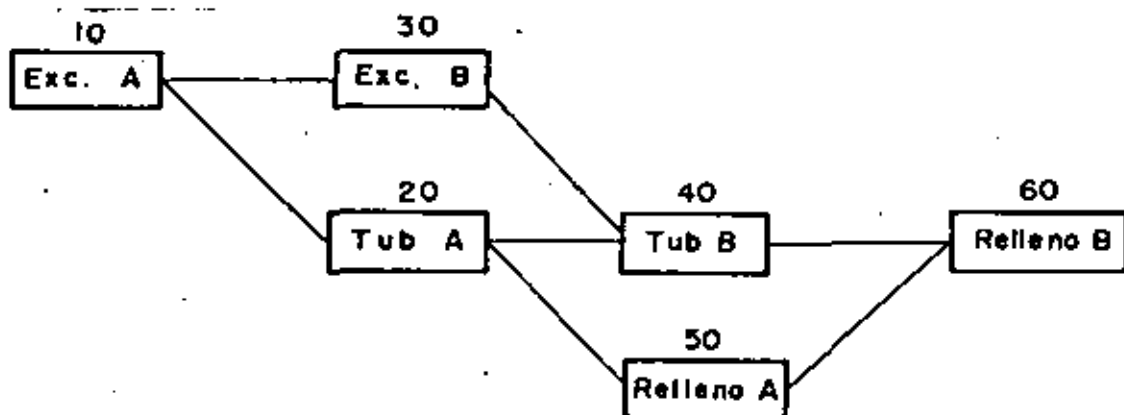


FIG 6

Si al revisar la red, se decide o se descubre que es necesario agregar la actividad "suministro de tubería" antes del tendido de la misma, y únicamente se dibuja esta actividad en las redes originales, se tendrá lo siguiente:

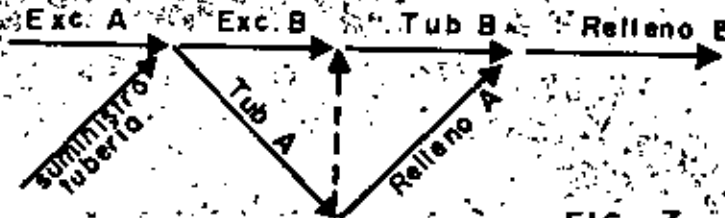


FIG. 7

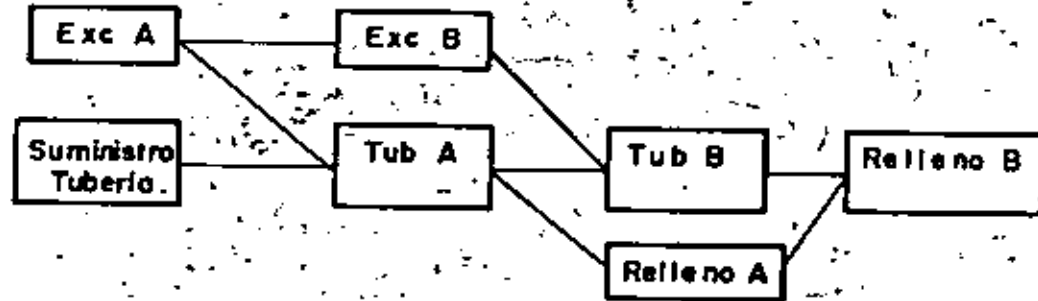


FIG. 8

En el primer caso se ve que la red no representa lo que se quiere, ya que indica que la excavación en la zona B no se podrá iniciar mientras no esté la tubería en la obra, cosa absurda, ya que no existe ninguna relación entre el suministro de la tubería y la excavación.

Para representar la realidad, que es lo que indica el segundo diagrama (fig 8), habrá que hacer uso de alguna actividad "ficticia", o sea, una actividad cuyo costo y tiempo de ejecución sea cero. Esto se hará de la siguiente manera:

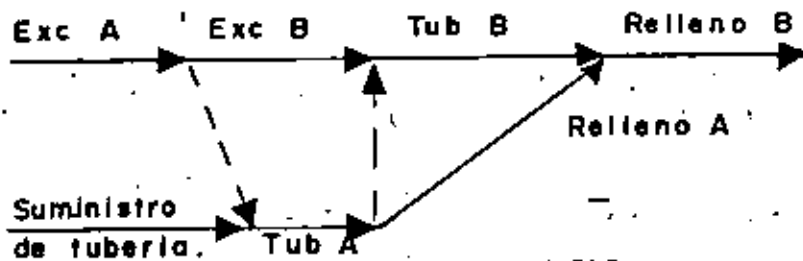


FIG. 9

Lo anterior ilustra los tres problemas que acarrea la notación de las flechas:

1. Redibujar la red cuando es necesario modificarla
2. La omisión de una sola actividad ficticia, hace que la red no sirva, o sea, que no expresa lo que se quiere.
3. Normalmente en cualquier red, más del 50% de las actividades son ficticias, lo que hace que las redes de flechas sean mucho más complicadas de analizar.

Estos problemas han originado que la notación de las flechas haya sido rechazada por la mayoría de los usuarios del método.

Un ejemplo que confirma claramente lo anterior, es el que se presenta a continuación; y que consiste en la construcción de la losa de un paso a cubierto:

Simbología usada:

P_1	puntales en la zona 1	Ci_1	cimbra en la zona 1
P_2	puntales en la zona 2	Ci_2	cimbra en la zona 2
P_3	puntales en la zona 3	Ci_3	cimbra en la zona 3
P_4	puntales en la zona 4	Ci_4	cimbra en la zona 4
Ar_1	armado en la zona 1	Co_1	colado en la zona 1
Ar_2	armado en la zona 2	Co_2	colado en la zona 2
Ar_3	armado en la zona 3	Co_3	colado en la zona 3
Ar_4	armado en la zona 4	Co_4	colado en la zona 4

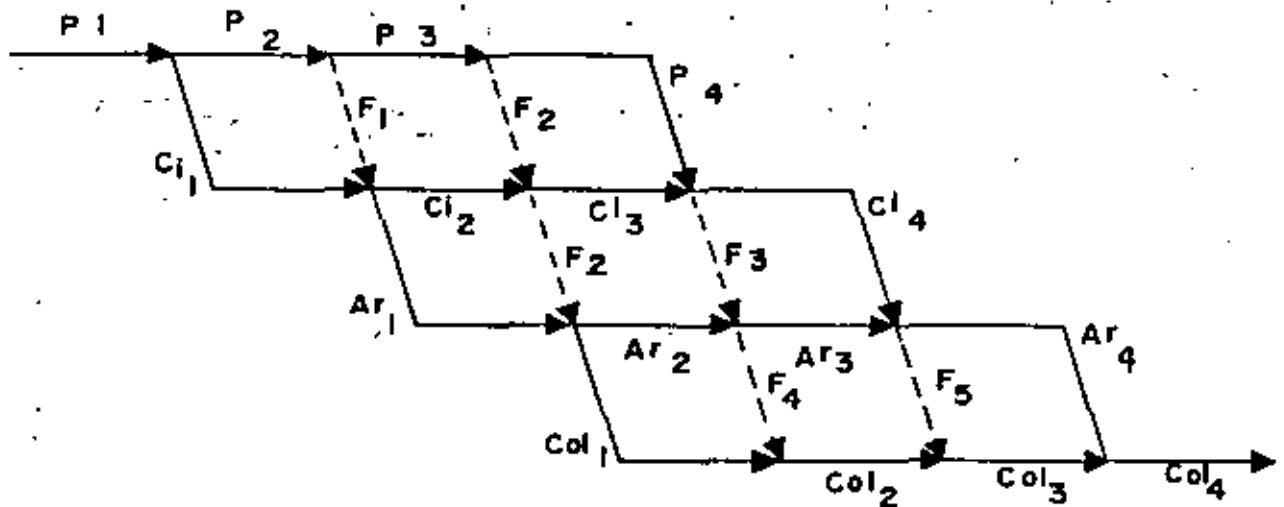


FIG. 10

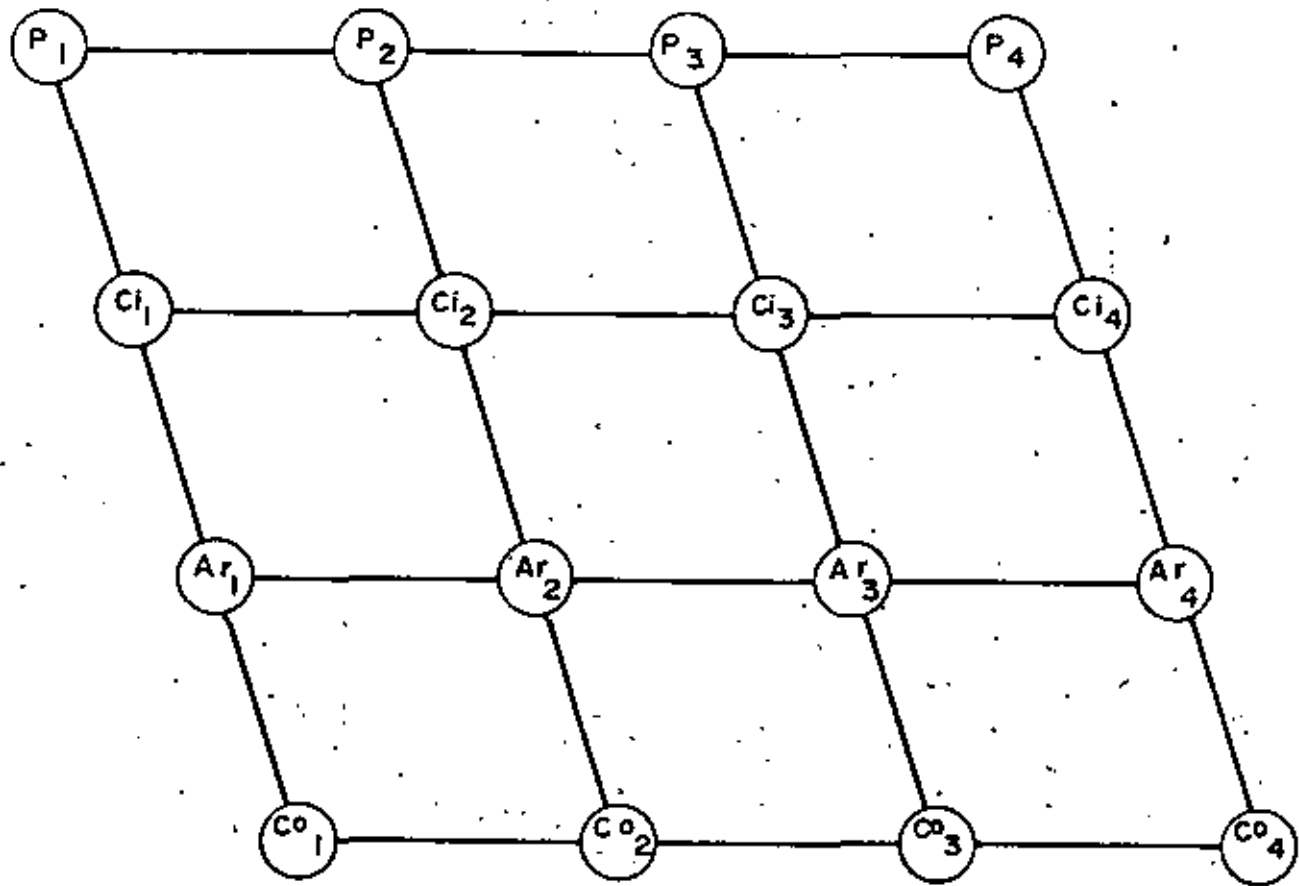


FIG. 11

Ambas redes aparentemente son iguales, ya que las actividades que anteceden a cualquiera de ellas son idénticas. Sin embargo, si se analizan las otras actividades precedentes, como las que se representan aisladamente en la figura 12, se descubrirá que hay ciertas secuencias que son absurdas, como que, para poder colar en la zona 1, sería necesario haber terminado la cimbra en la zona 2, lo mismo que los puntales en la zona 3.

...

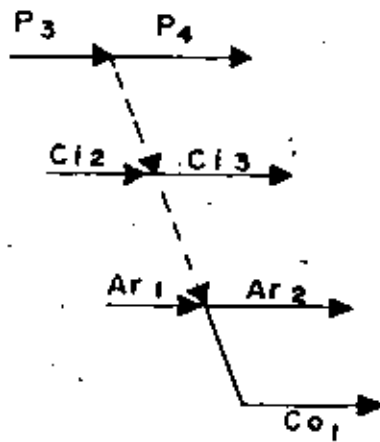


FIG. 12

El error consistió en omitir actividades ficticias, según puede verse en la siguiente red, que es la correcta:

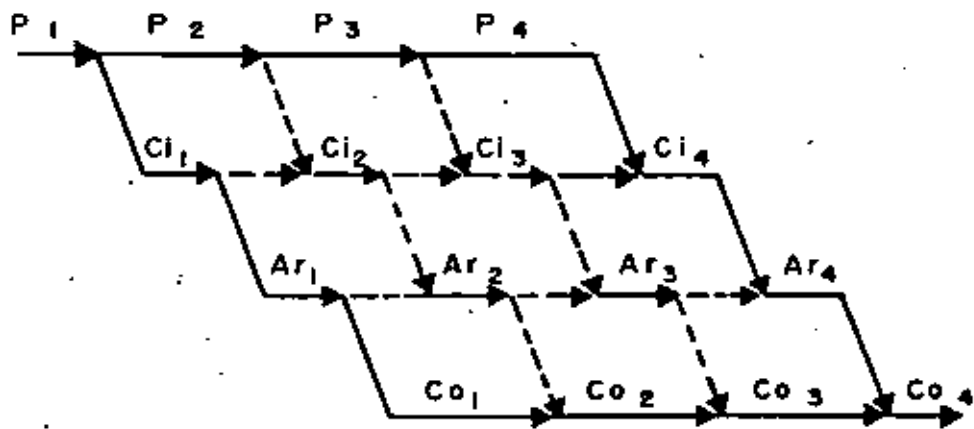


FIG. 13

...

En resumen, puede afirmarse que los problemas que se presentan cuando se usa la notación de las flechas, se derivan de la presencia de las actividades ficticias, y que éstas no existen en la notación de nodos. Por lo anterior, en adelante ya sólo se usará la notación de nodos.

4.3 SEGUNDA FASE: CALCULO Y REPRESENTACION DEL PROGRAMA DE OBRA

Para el cálculo manual de la red, será necesario usar la convención siguiente:

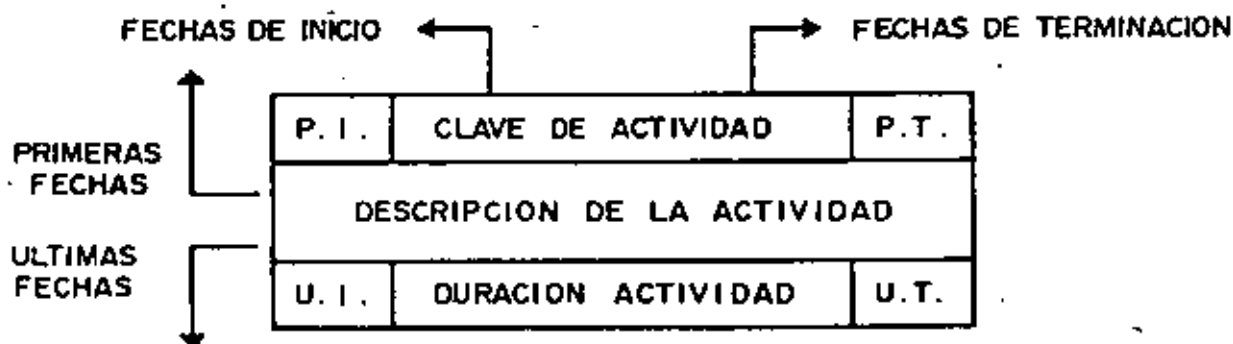


FIG. 14

- P. I. primera fecha de inicio
- P. T. primera fecha de terminación
- U. I. última fecha de inicio
- U. T. última fecha de terminación

Es recomendable distinguir fácilmente en la red, las actividades que sean suministros, para lo cual éstas pueden representarse de la siguiente manera:

ACTIVIDAD DE CONSTRUCCION

P. I.	II ACT.	P. T.
DESCRIPCION		
U. I.	DURAC.	U. T.

SUMINISTRO

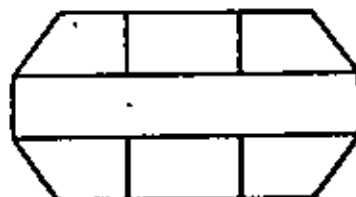


FIG. 15

Si una actividad específica B está precedida por n actividades A_i y a ésta le siguen m actividades C_i (fig 16), el cálculo numérico de la red se realizará según las siguientes fórmulas:

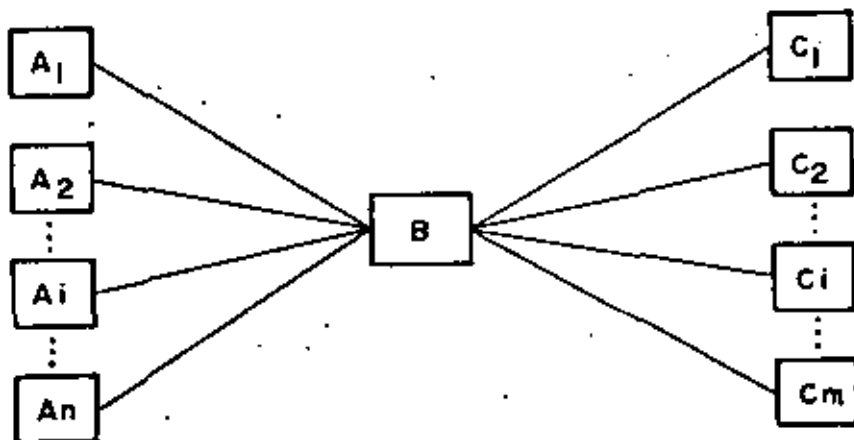


FIG. 16

$$(PI)_B = \text{mayor } (PT)_{A_i}$$

$$(PT)_B = (PI)_B + (\text{duración})_B$$

$$(UI)_B = (UT)_B - (\text{duración})_B$$

$$(UT)_B = \text{menor } (UI)_{C_i}$$

Las duraciones de las actividades deberán calcularse con base en los recursos con que se contará en la obra y con los rendimientos que de ellos se esperan.

Para el ejemplo del tendido de tubería que se ha venido desarrollando, las duraciones calculadas para cada actividad son las siguientes:

ACTIVIDADES

1 y 3 Excavación por tramo de 120m

(A - B ó B - C)

Recurso: 1 oficial + 4 peones = 1 cuadrilla

Rendimiento: 4 peones x 5 m³/día x peón = 20 m³/día

Duración: 120 m³/20 m³/día = 6 días

Costo: (\$225 + 4 x \$150)/20 m³ = \$41.25/m³

ACTIVIDADES

4 y 5 Colocación tubería por tramo de 120m

(A - B ó B - C)

Recurso: 1 oficial + 1 peón = 1 pareja

Rendimiento: (40ML/pareja x día) x 1 pareja = 40ML/día

Duración: 120ML/40 ML/día = 3 días

Costo: (\$225 - \$150)/40 ML = \$9.40/m

ACTIVIDADES6 y 7 Relleno por tramo de 120m

(A-B & B-C)

Recurso: 1 oficial + 4 peones = cuadrilla

Rendimiento: 4 peones x 15 m³/día x peón = 60 m³/díaDuración: 120 m³/60 m³/día = 2 díasCosto: (\$225 + 4 \$150) = \$14.60/m³

El cálculo de la red se hará con estas duraciones a partir de las actividades que no tienen ningún precedente, obteniéndose las primeras fechas de inicio y terminación.

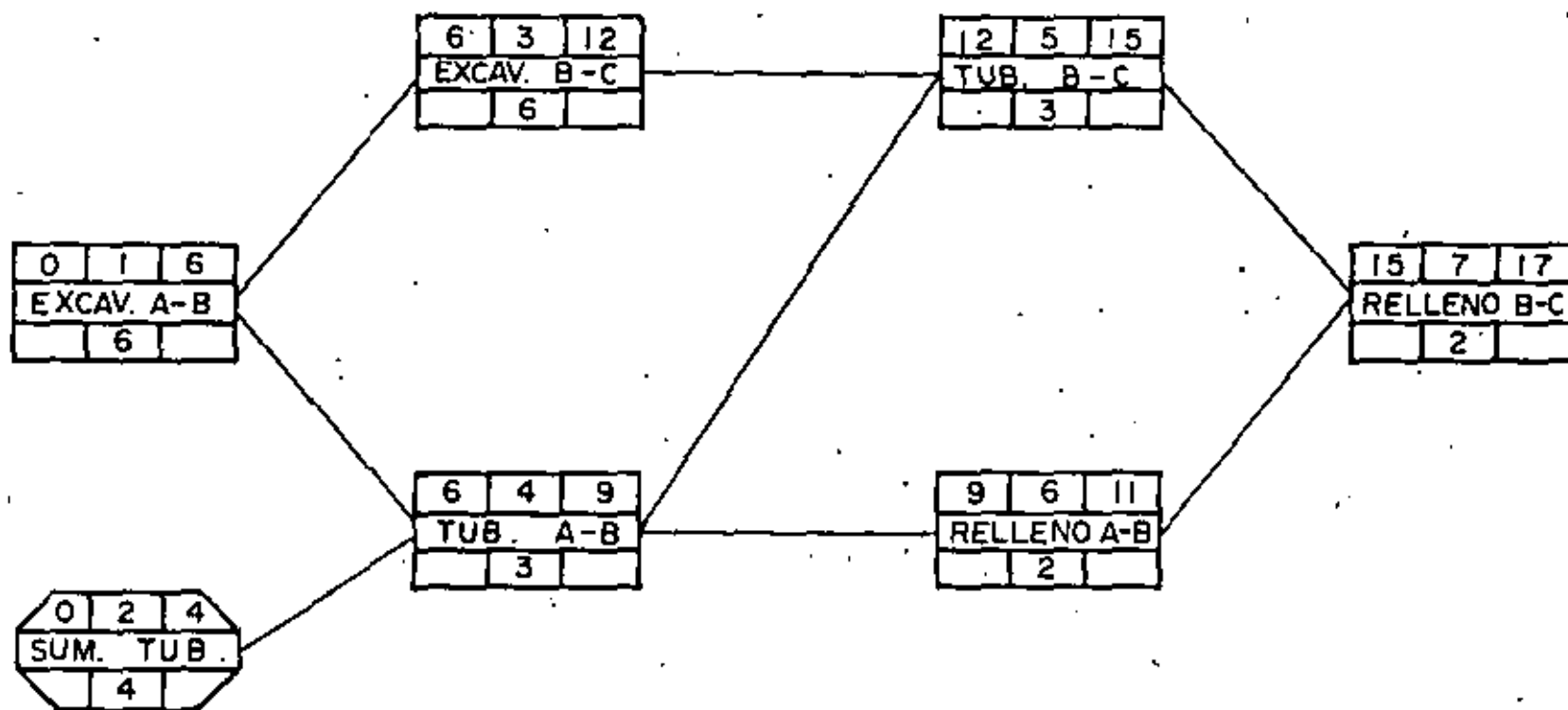


FIG. 17

A continuación se calcularán las últimas fechas de inicio y terminación, partiendo de la última actividad de la red, para lo cual se hará coincidir su primera y su última fecha de terminación (el proceso es opuesto al del cálculo de las primeras fechas),

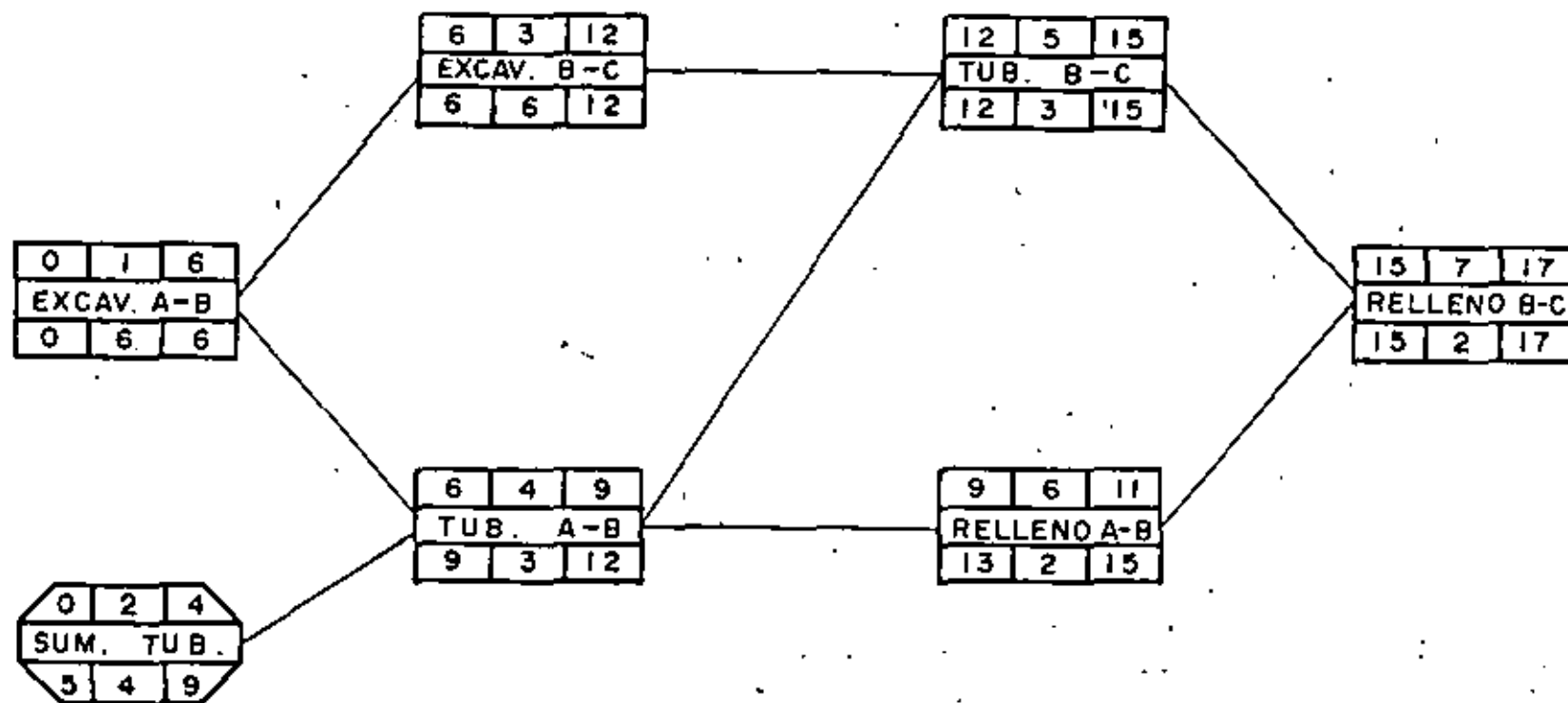


FIG. 18

Por definición, la holgura total de una actividad es el lapso de tiempo que puede posponerse la terminación de dicha actividad, sin que se modifique la fecha de terminación de la obra; su valor será la diferencia entre su primera y su última fecha de terminación.

Al analizar la actividad 2 de la figura 18 (suministro de tubería) se podrá observar que de los días que tiene de holgura total: $(UT = 9) - (PT = 4) = 5$ días, sólo dos días puede posponerse su terminación sin afectar a ninguna otra actividad. A partir de allí, aunque se puede seguir posponiendo dicha terminación sin modificar la fecha de terminación de la obra, sí se modificarán los inicios de algunas actividades subsecuentes.

De lo anterior se deduce que la holgura total de una actividad está integrada por dos partes: la holgura libre, que es el lapso de tiempo que puede posponerse la terminación de una actividad sin modificar el inicio de ninguna otra actividad y la holgura con interferencia, que es el tiempo que puede posponerse la terminación de una actividad sin modificar la fecha de terminación de la obra, aunque sí se alteren los inicios de algunas actividades subsecuentes. Algebraicamente, lo anterior puede expresarse como:

$$(HT)_B = (HL)_B + (HI)_B$$

en donde

$(HL)_B$: holgura libre de la actividad B

$(HI)_B$: holgura libre con interferencia de B

Si definimos como holgura particular a la diferencia entre la $(PT)_{Bj}$ y la $(PT)_{Ai}$ (siempre será entre dos actividades específicas relacionadas directamente entre sí), habremos descrito el significado de los cuatro tipos de holgura que maneja el CPM.

Por razones de facilidad en el manejo de la red, se ha decidido escribir sobre la liga de dos actividades, el valor de su holgura-particular. Cuando ese valor es igual a cero, habrá que identificar ese caso con una doble raya, tal como aparece a continuación:

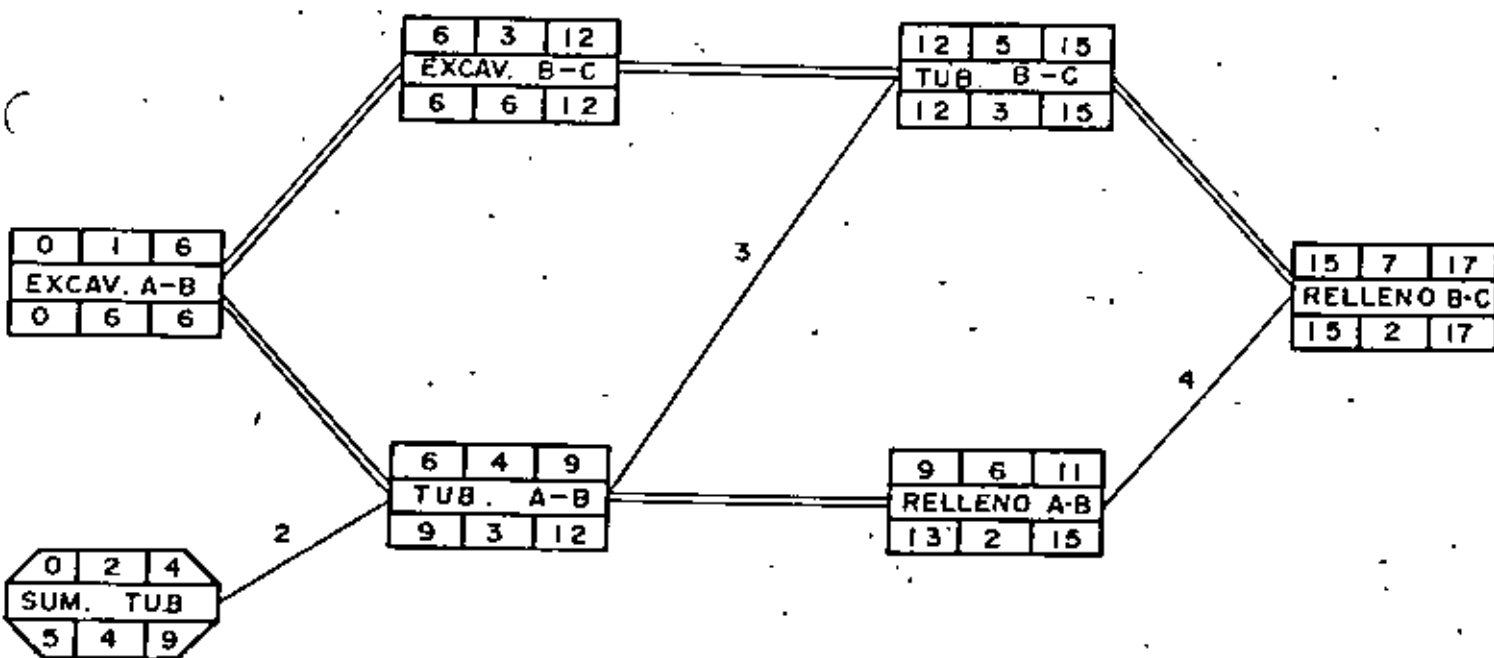


FIG. 19

Al contar con esta información, se puede calcular la holgura libre de cualquier actividad como la menor holgura particular que sale de dicha actividad:

$$(HL)_B = \text{menor } (HP)_{B-C_i}$$

Si definimos como ruta o camino crítico al conjunto de actividades que definen la fecha de terminación de una obra, será lo mismo decir, que la ruta crítica estará formada por el conjunto de actividades que no tienen holgura (actividades críticas).

Si en la red de la figura 19 identificamos una serie de actividades unidas ininterrumpidamente por doble raya (holguras particulares = 0), ésa será precisamente la ruta crítica de la red, la que deberá marcarse con triple raya.

De esta manera, la red totalmente terminada aparecerá de la siguiente forma:

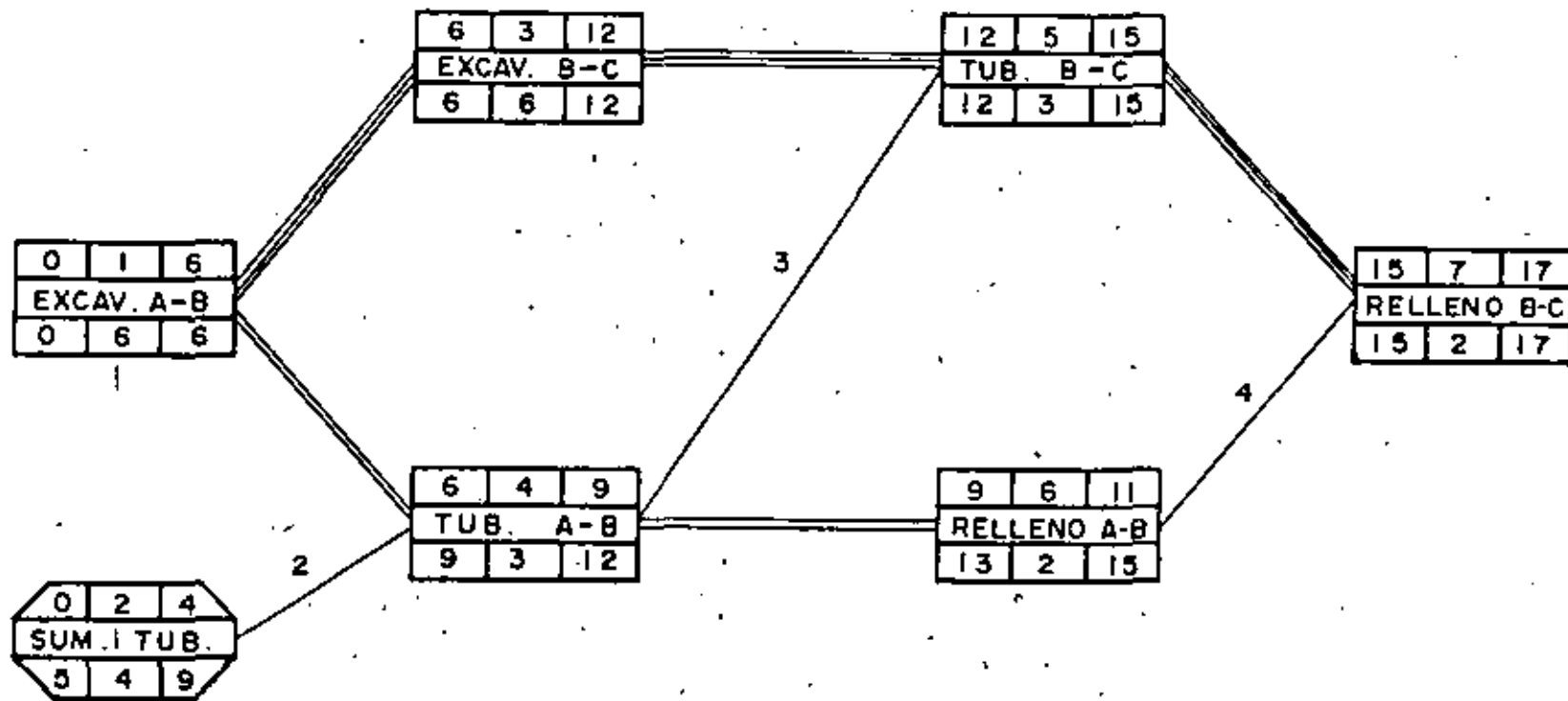


FIG. 20

Desde luego que en todas las actividades que pertenecen a la ruta crítica, la primera y última fecha de terminación coincidirán, ya que sus holguras totales necesariamente serán nulas.

Para diversas circunstancias, la representación en barras de la información que proporciona el método de la ruta crítica es sumamente útil, para lo cual se ha propuesto la siguiente convención:

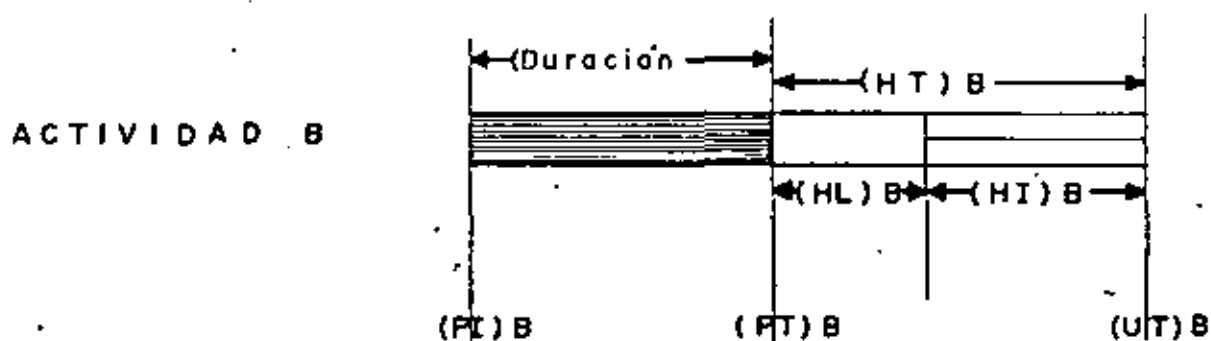


FIG. 21

Para ilustrar lo anterior, se muestra el siguiente programa de barras que corresponde a la red de la figura 20.

CLAVE	ACTIVIDAD	CANT.	UN.	1	5	6	10	11	15	16	20
1	Excavación A-B	120	m ³	[Hatched bar from 1 to 5]							
2	Suministro Tubería	480	ML	[Hatched bar from 1 to 5]		[White bar from 6 to 10]					
3	Excavación B-C	120	m ³			[Hatched bar from 6 to 10]					
4	Tubería A-B	240	M.L.			[Hatched bar from 6 to 10]		[White bar from 10 to 11]			
5	Tubería B-C	240	ML						[Hatched bar from 15 to 16]		
6	RELLENO A-B	120	m ³				[Hatched bar from 10 to 11]		[White bar from 11 to 15]		
7	RELLENO B-C	120	m ³							[Hatched bar from 16 to 20]	

FIG . 2 2

Si se vacían los recursos que se piensa utilizar en la obra, en el diagrama de barras respectivo se obtendrán los programas "colaterales" de obra, tal como aparece a continuación (aunque sólo se muestra el programa de personal, en idéntica forma se obtendrían los otros programas colaterales, tales como el de equipo, de necesidades de materiales y compras, etc...)

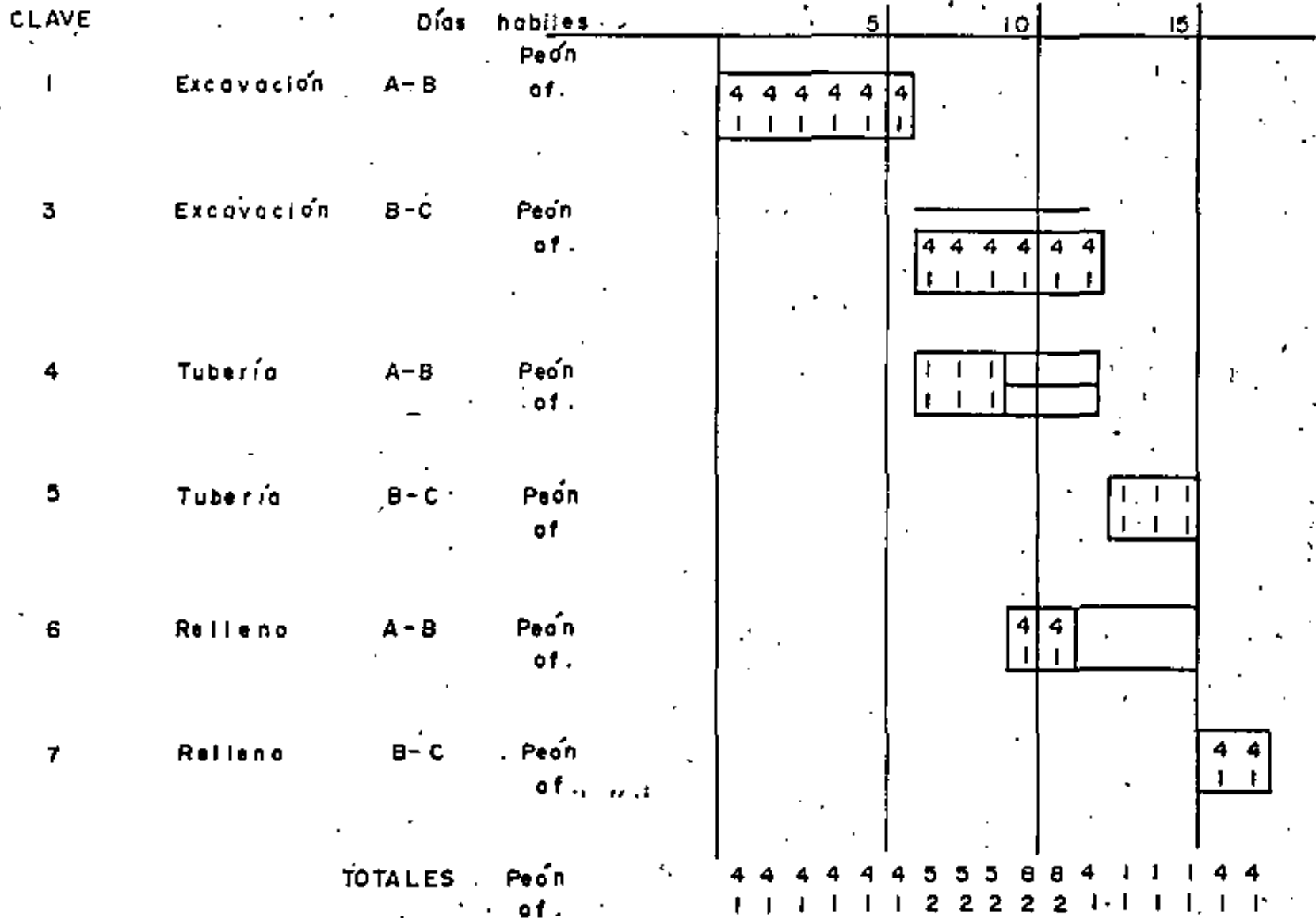


FIG. 23

Al observar los totales de la figura anterior, es fácil detectar la necesidad de redistribuir recursos para evitar problemas en la obra y minimizar los costos directos, ya que es imposible disponer de distintas cantidades de personal en determinadas fechas.

En general, puede decirse que es aconsejable eliminar los aumentos y las disminuciones frecuentes de los recursos necesarios, haciendo la distribución de dichos recursos lo más uniforme posible en el tiempo.

El conocimiento de las holguras es de gran valor y utilidad para hacer esta redistribución de recursos en una forma racional.

La red y el diagrama de barras, ya habiendo redistribuido los recursos, aparece en las figuras 24 y 25.

NUEVO PROGRAMA

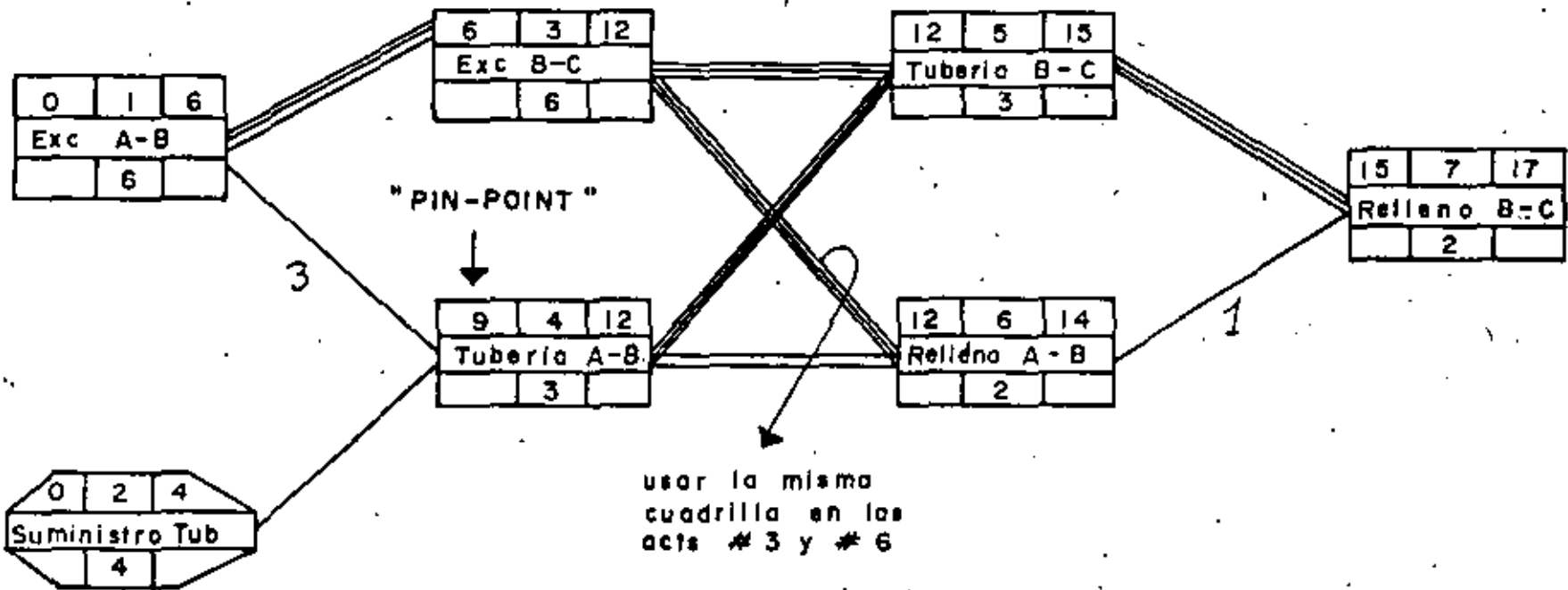
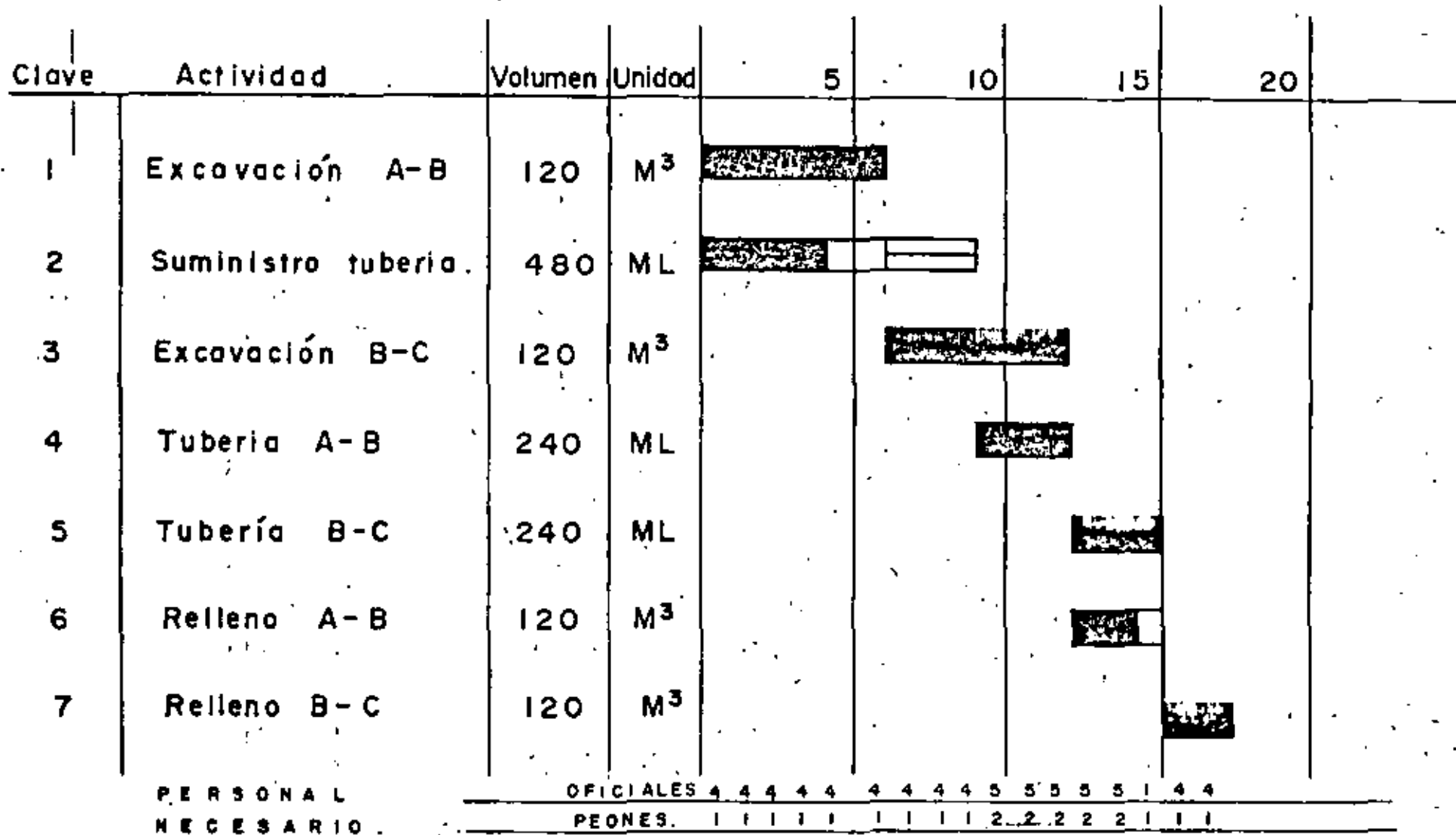


FIG. 24.

NUEVO PROGRAMA.



Habría que ocupar a la cuadrilla de terracería (1 OFICIAL + 4 PEONES) en algún otro trabajo el día 15 o pensar en que en la realidad sí se traslaparán las actividades, por lo que la actividad 7 podría adelantarse 1 día.

FIG. 25

Siguiendo la misma técnica, si en vez de vaciar los recursos en el programa de barras se vacían las cantidades de obra que se piensan realizar, el monto de estimaciones por realizar, etc..., se tendrán los programas que normalmente se elaboran en el sistema conocido como "administración por objetivos", que de hecho son metas parciales muy definidas por alcanzar en períodos de tiempo determinados.

En la red de la figura 24 se introdujo el concepto que los americanos llaman "pin point" y en nuestro medio se le empieza a llamar con el anglicismo "pin-pontear". Este concepto se puede definir como el hecho de fijar arbitrariamente la fecha de inicio o terminación de una actividad específica, independientemente de las demás actividades de la red. Esta actividad sirve como origen para el cálculo del resto de la red.

En ocasiones es conveniente su uso, como podría ser el caso del ejemplo descrito anteriormente, aunque en otras puede ser delicado, ya que cuando se "pimpontean" dos o más actividades, pueden obtenerse resultados absurdos, como duraciones negativas, etc...

A veces, el desglose de actividades que se hace para superar la restricción impuesta por la hipótesis referente al traslape de actividades, origina complicaciones serias en la red; debido a esto, se ha introducido el concepto conocido como "relación principio - principio, fin - fin", con el que se supera dicha restricción.

La relación "principio - principio, fin - fin" se representa gráficamente como sigue:

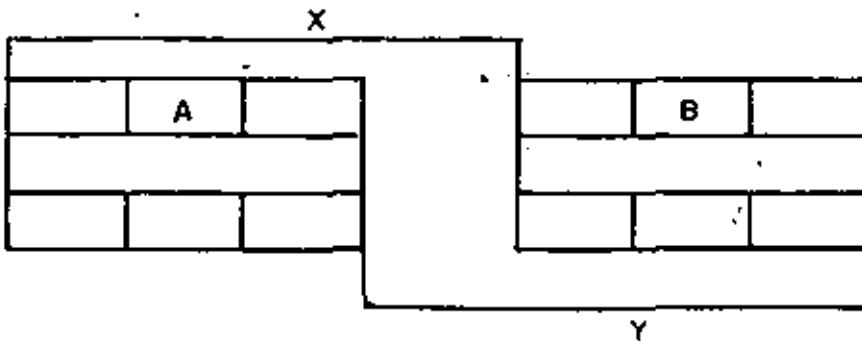


FIG. 27

Esto significa que la actividad B no puede iniciarse sino hasta después de X tiempo de iniciada la actividad A, ni tampoco terminarse antes de pasar Y tiempo de terminada la actividad A.

Para el cálculo de la red, cuando en ella existe este tipo de relación, se usarán los siguientes algoritmos:

Para obtener las primeras fechas de inicio y terminación:

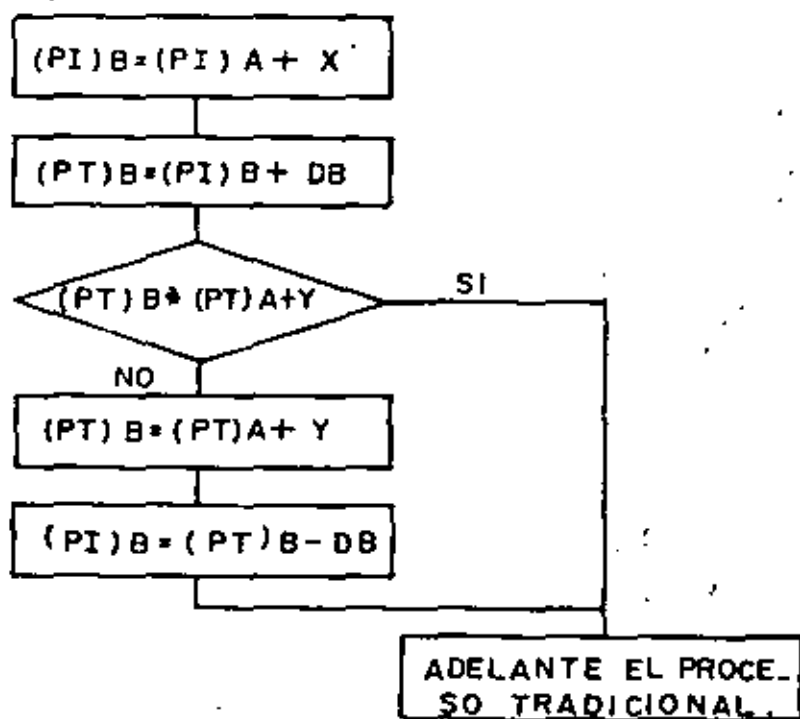


FIG . 2 B

Para obtener las últimas fechas de inicio y terminación:

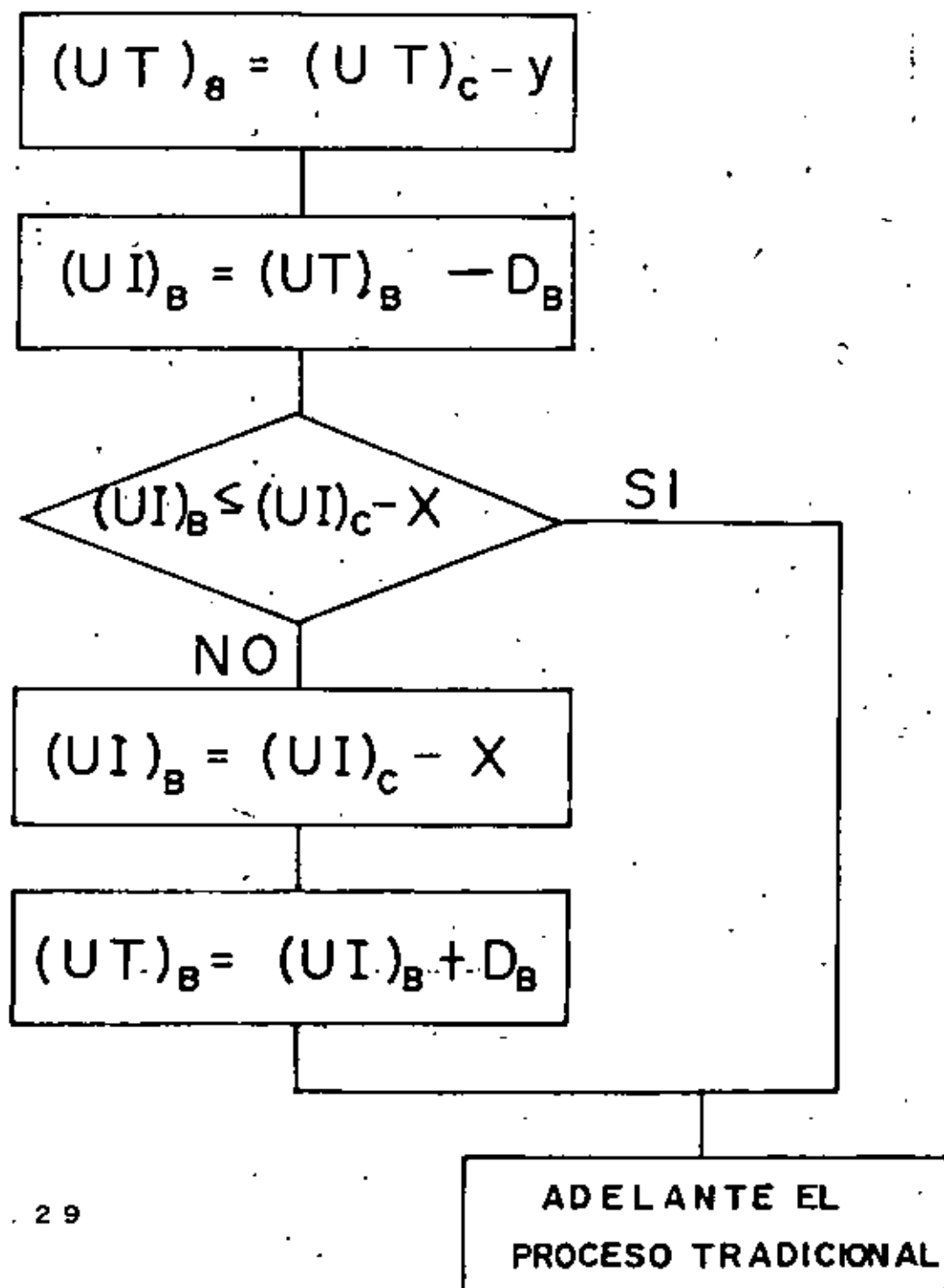


FIG. 29

De los algoritmos anteriores, es fácil detectar que existen casos en que la relación principio - principio es la que prevalece, y otros, en que la que rige es la fin - fin. Estos casos pueden representarse de la siguiente manera:

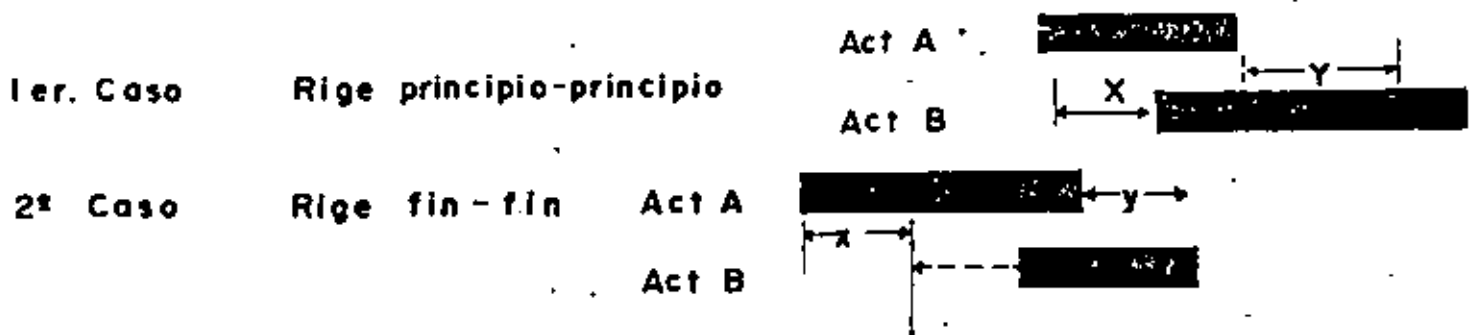


FIG. 30

La barra de la actividad B del segundo caso, tiene a su izquierda una flecha punteada. Esto significa, que si se considera conveniente aumentar la duración de la actividad B, puede hacerse hasta el límite señalado por la mencionada flecha, sin necesidad de posponer la flecha de terminación establecida.

Algunas personas se atreven a llamar "holgura invertida" a este lapso de tiempo que puede aumentar la duración de una actividad, modificando su fecha de inicio y respetando su primera fecha de terminación.

Para ilustrar lo anterior se propone el siguiente ejemplo, consistente en la construcción de una estructura de dos niveles:

La estructura se construirá a base de columnas, traveses portantes y sistema de piso prefabricado montado, sobre las traveses portantes.

La red de actividades calculada según los algoritmos de las figuras 28^a y 29, es la que aparece a continuación:

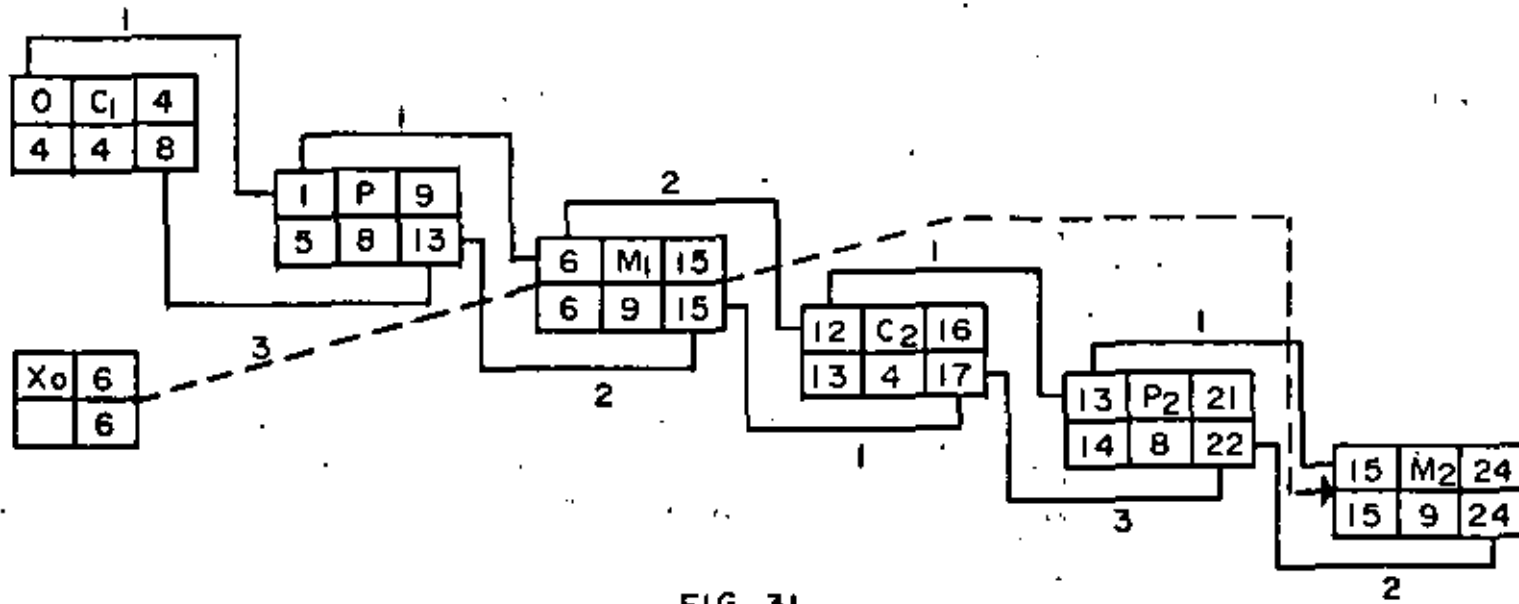


FIG. 31

en donde

C_i = Columnas en el nivel i

P_i = Traveses portantes en el nivel i

M_i = Montaje del sistema de piso en el nivel i

La representación en barras de esta red, aparece a continuación:

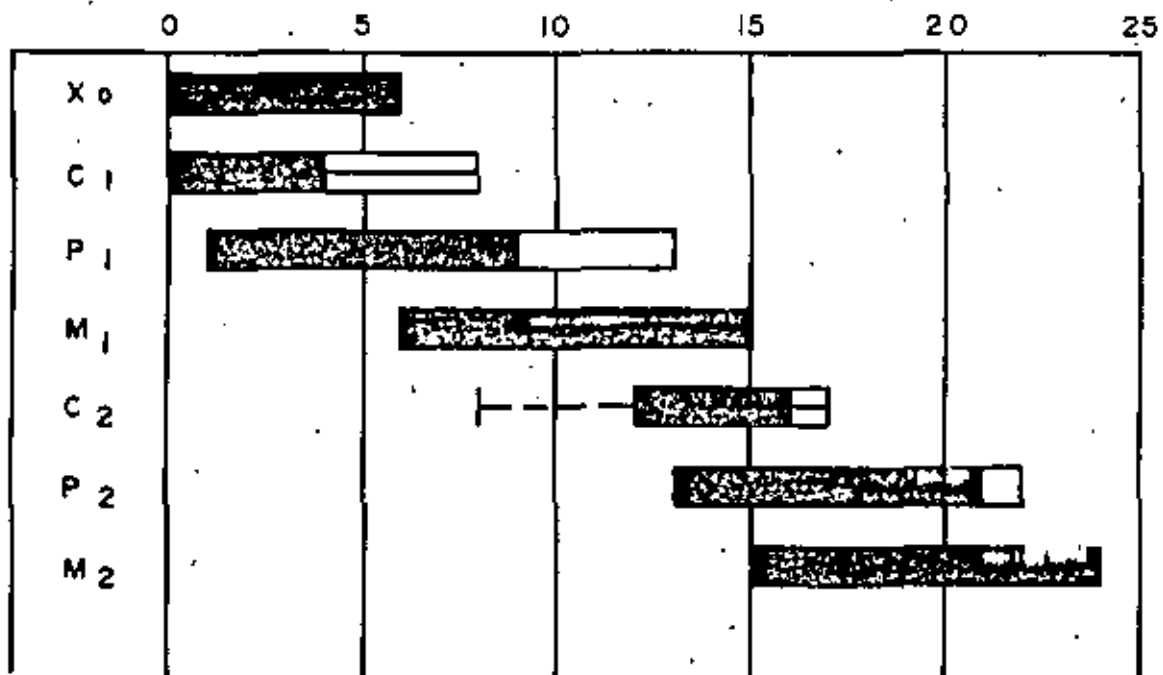


FIG. 32

Desde un principio se dijo que el método de la ruta crítica deberá aplicarse en una forma dinámica, tanto en la etapa de planeación como de control. Esto significa que el programa original debidamente afinado, deberá servir como guía para la obtención de las desviaciones que vayan ocurriendo durante la ejecución de la obra, y cuando se requiera, se modificará dicho programa adecuándose a las nuevas circunstancias y a las decisiones tomadas como resultado de la replaneación de la obra.

Para ejercer el control de avance de obra, según la definición de control dada en un principio, será necesario comparar el programa vigente contra el avance reportado en una determinada fecha, y valorar las consecuencias de las desviaciones detectadas.

Esto puede lograrse si se dibuja junto a la barra correspondiente a cada actividad, otra barra que represente el trabajo desarrollado, definiendo el final que ésta tendrá si se siguiera trabajando al mismo ritmo y se siguieran obteniendo los mismos rendimientos.

PRIMER CASO: Se está dentro de programa; todo O.K.

Barra de programa original



Barra de avance de obra



FIG. 33

SEGUNDO CASO: La posible terminación está en la zona de holgura libre. No pasa nada, sólo disminuye la holgura de la propia actividad

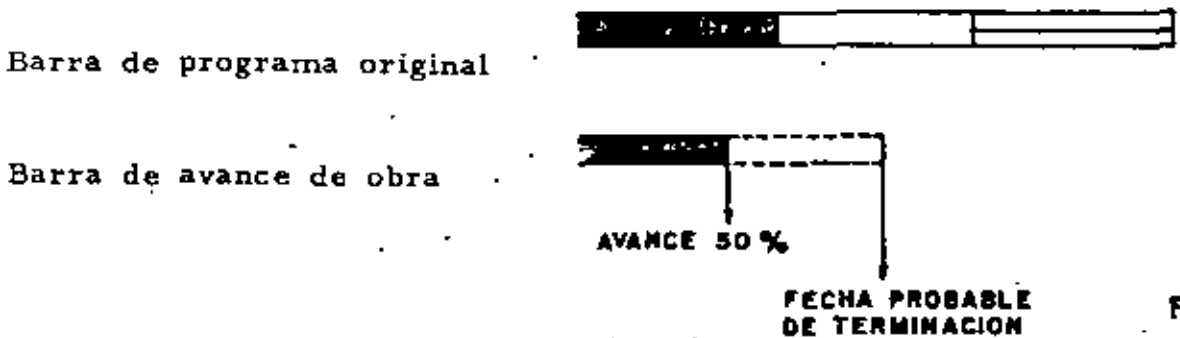


FIG. 34

TERCER CASO: La posible terminación está en la zona de holgura con interferencia. Aunque todavía habrá posibilidad de terminar a tiempo la obra, ya se habrán usado holguras de otras actividades, y será necesario conocer si ya aparecieron nuevas actividades críticas.

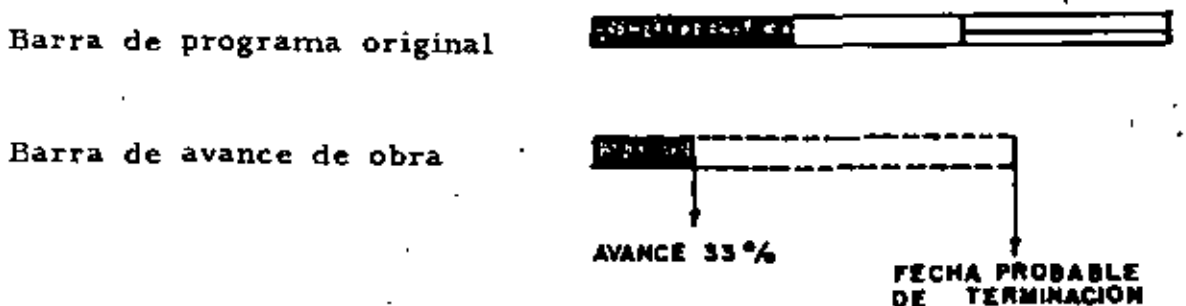


FIG. 35

CUARTO CASO: Se atrasa la terminación de la obra. Habrá que reprogramar la obra si se desea terminar en la fecha predeterminada, o comprimir la nueva red actualizada

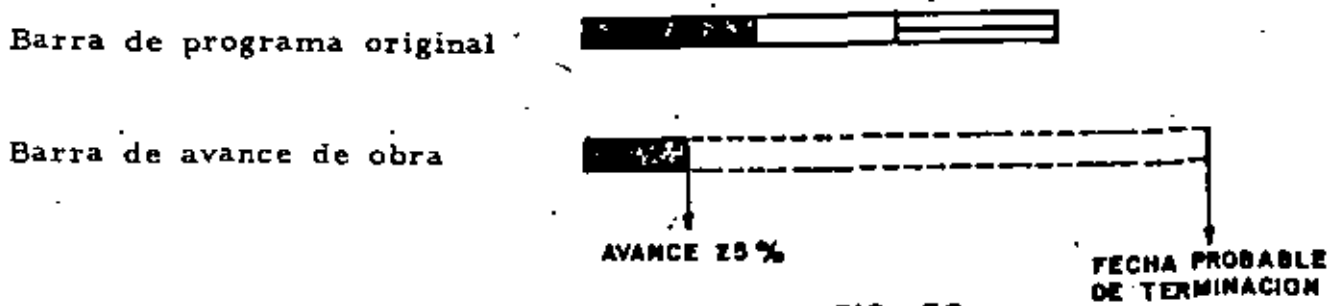


FIG. 36

Habrá casos en que no pueda calcularse esta posible terminación por extrapolación de la información recibida, sino que habrá que definirla por el tipo de trabajo faltante por realizar, los problemas específicos que habrá que resolver o las nuevas fechas de suministro de los elementos requeridos para la terminación de dichas actividades.

4.4 TERCERA FASE CURVA COSTO-TIEMPO MINIMO

Si se considera que los costos indirectos de una obra, son prácticamente constantes, podemos graficar la relación tiempo-costo de la siguiente manera:

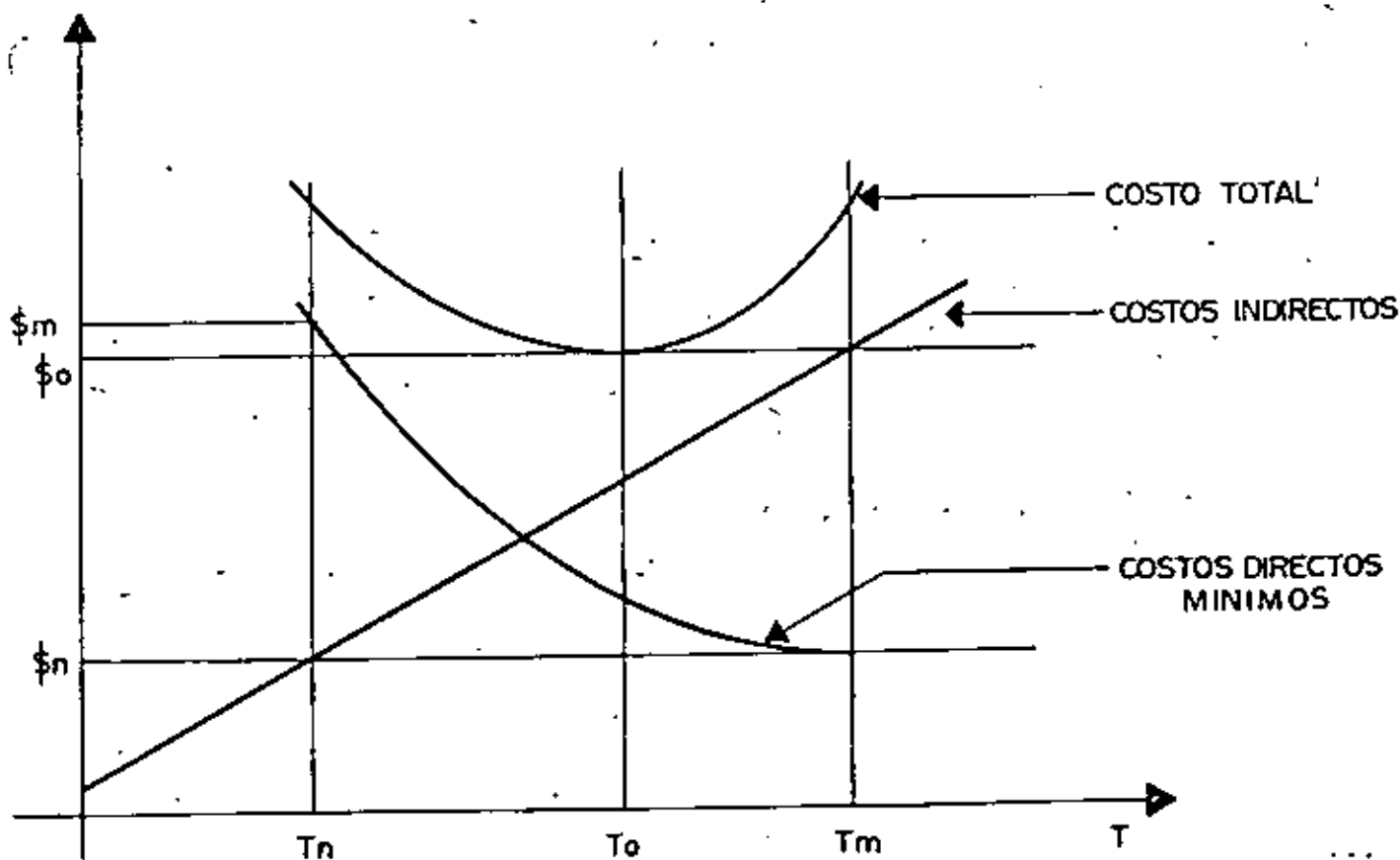


FIG. 37

en donde:

t_n = (tiempo normal): tiempo de realización de la obra, en donde el costo directo es mínimo (\$) N.

t_m = (tiempo mínimo): tiempo menor en que físicamente es posible realizar la obra, suponiendo que se tienen recursos ilimitados disponibles y que no interesa el importe del costo correspondiente.

t_o = (tiempo óptimo): tiempo de realización de la obra, en donde el costo total es mínimo: (\$) o.

La tercera fase del método de la ruta crítica, versa sobre la forma de obtener la curva tiempo-costo directo mínimo: expresando en otras palabras, cómo comprimir la red en la forma más económica.

La hipótesis que se introduce en esta etapa, consiste en suponer una variación lineal costo-tiempo para cada una de las actividades de la red, cosa que estrictamente no se cumple en la realidad.

HIPOTESIS

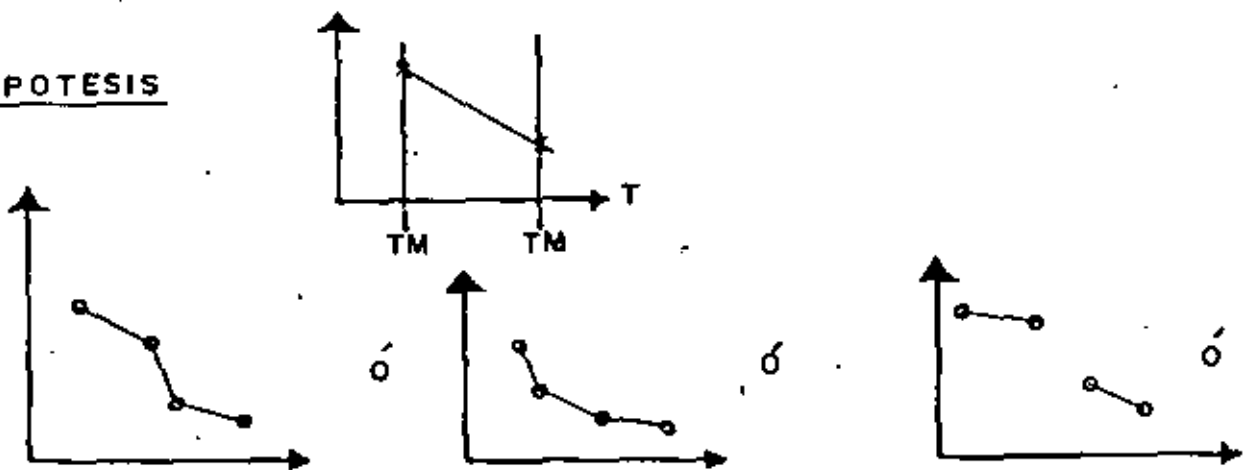


FIG . 38

El proceso de compresión de la red, es un proceso netamente iterativo y tedioso de hacer manualmente, por lo que muchas personas limitan su aplicación para los casos en que se utiliza la computadora.

Por otra parte, la experiencia ha demostrado que en la realidad el uso de la computadora en la aplicación de la tercera fase del CPM es prácticamente inútil, no sólo por las implicaciones de la hipótesis introducida (fig 38), sino por la imposibilidad de obtener la información que requiere la máquina: los t_n y t_m de cada una de las actividades de la red con sus respectivos costos.

Sin embargo, la metodología que se usa en esta etapa es muy valiosa en su aplicación manual, ya que conduce al constructor a tomas de decisiones racionales y realistas, al no perder la noción de las limitaciones que implican la hipótesis del método, ni tampoco las situaciones reales de disponibilidad de recursos en un momento dado.

La metodología para la obtención de la curva costo directo mínimo-tiempo, consiste en modificar alguna(s) actividad(es) de la red, siguiendo la secuencia que se describe a continuación:

a) Identificación de alternativas

Para lograr acortar la duración de la obra, será necesario identificar las actividades críticas cuyas duraciones puedan variarse, y que el valor de las modificaciones que se hagan coincida con la variación de la nueva fecha de terminación de la obra.

b) Selección de la alternativa más conveniente

De las alternativas identificadas, según se describe en el párrafo anterior, se debe seleccionar la más

económica.. Si se cumpliera la hipótesis introducida, esta alternativa sería la que tuviera menor incremento de costo en la unidad de tiempo.

c) Determinación del acortamiento de la alternativa seleccionada

El último paso del proceso, consistirá en determinar el acortamiento de la alternativa seleccionada, y esto se hará tomando en cuenta las dos restricciones siguientes:

- El tiempo mínimo de realización de la alternativa
- Que la alternativa no deje de ser crítica

Una vez que se hayan llevado a cabo los tres pasos descritos, se volverá a repetir el proceso n veces, partiendo cada vez de la red resultante en cada caso.

Esto implica necesariamente que en cada paso existirán otras alternativas que habrá que identificar y manejar en forma semejante a como se describió anteriormente.

Con objeto de ilustrar lo anterior, se desarrollará el siguiente ejemplo, en donde se supone que los recursos que presupone la red, ya han sido distribuidos convenientemente.

En los cálculos mostrados sólo aparecen las primeras fechas de inicio y terminación, ya que no se manejan en la tercera fase las últimas fechas de inicio y terminación. Sólo cuando se obtiene la duración de la obra deseada, habrá necesidad de calcular estas últimas fechas para poder obtener el calendario de barra correspondiente, el cual se usará como base del control de avance de obra.

ACTIVIDAD	NORMAL		MINIMO		$\Delta \$ / \Delta T$
	TIEMPO (semanas)	COSTO (miles de pesos)	TIEMPO (semanas)	COSTO (miles de pesos)	
1	4	250	3	265	15
2	10	160	7	190	10
3	15	140	13	160	10
4	7	145	6	150	5
5	8	130	5	175	15
6	1	200	1	200	-
7	6	140	4	180	20
8	12	110	11	115	5
9	2	120	2	120	-
		<u>1,295</u>		<u>1,455</u>	

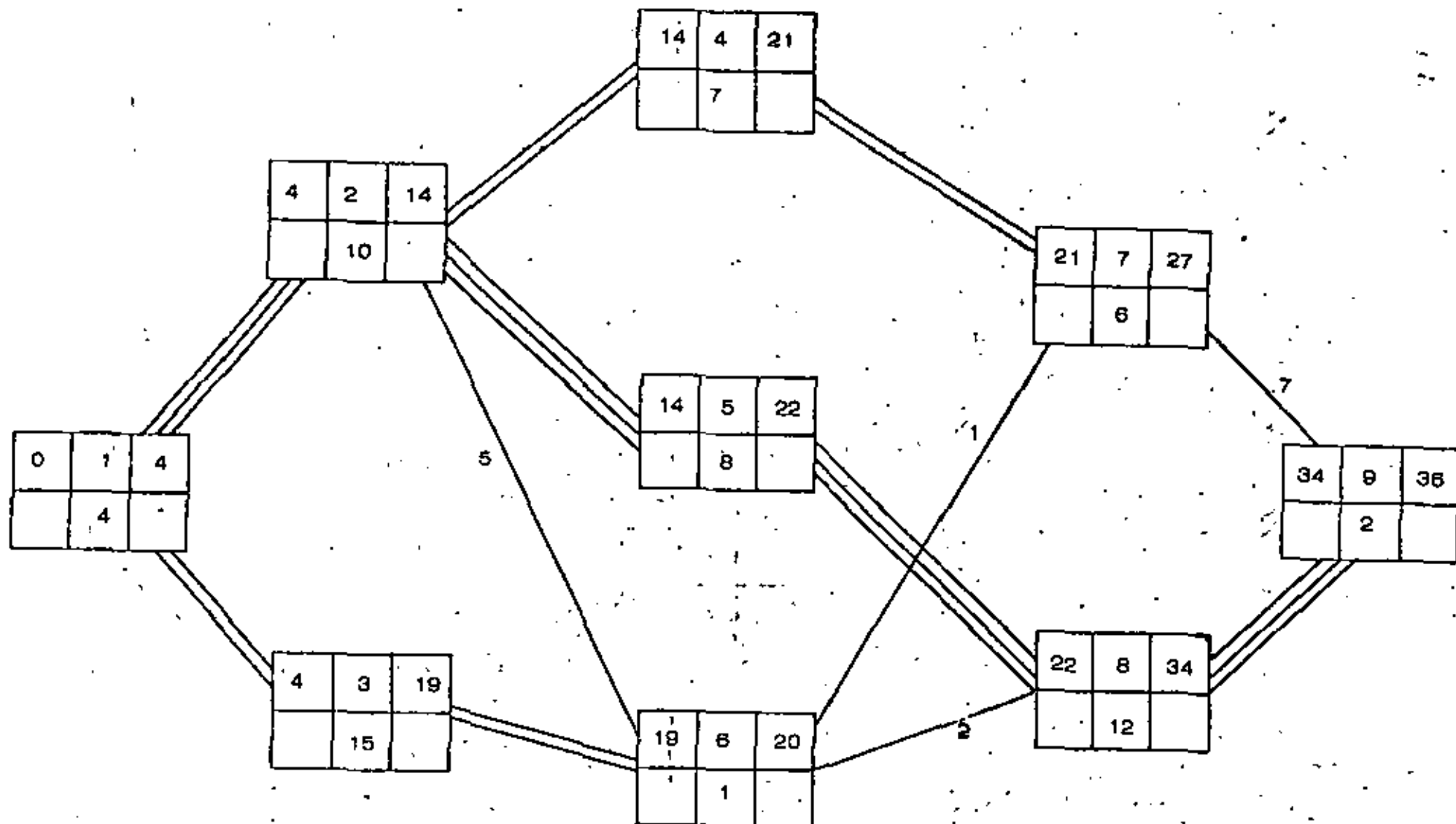


Figura 39

Tiempo duración :
Costo directo mínimo

36 semanas
1,295

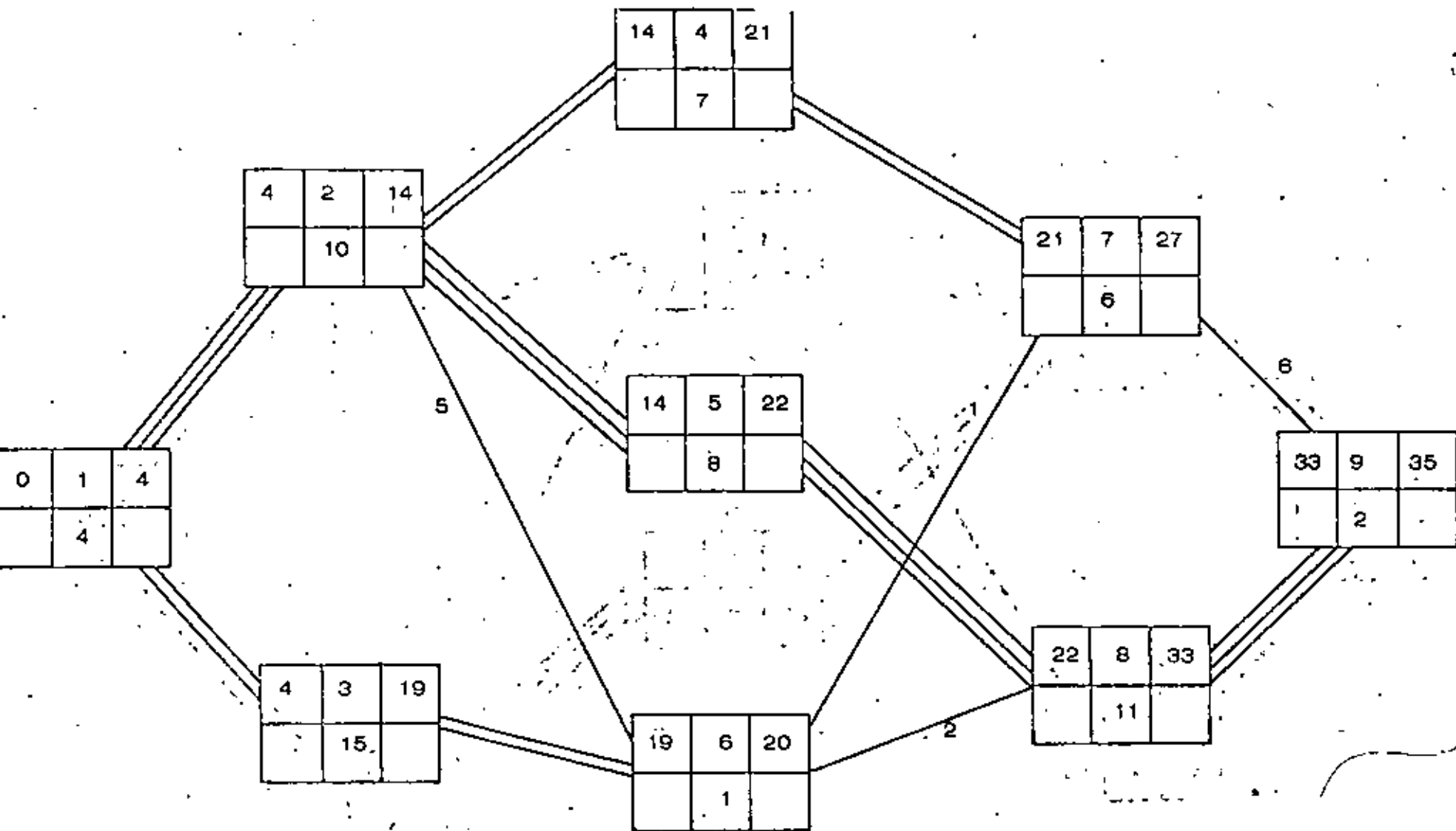
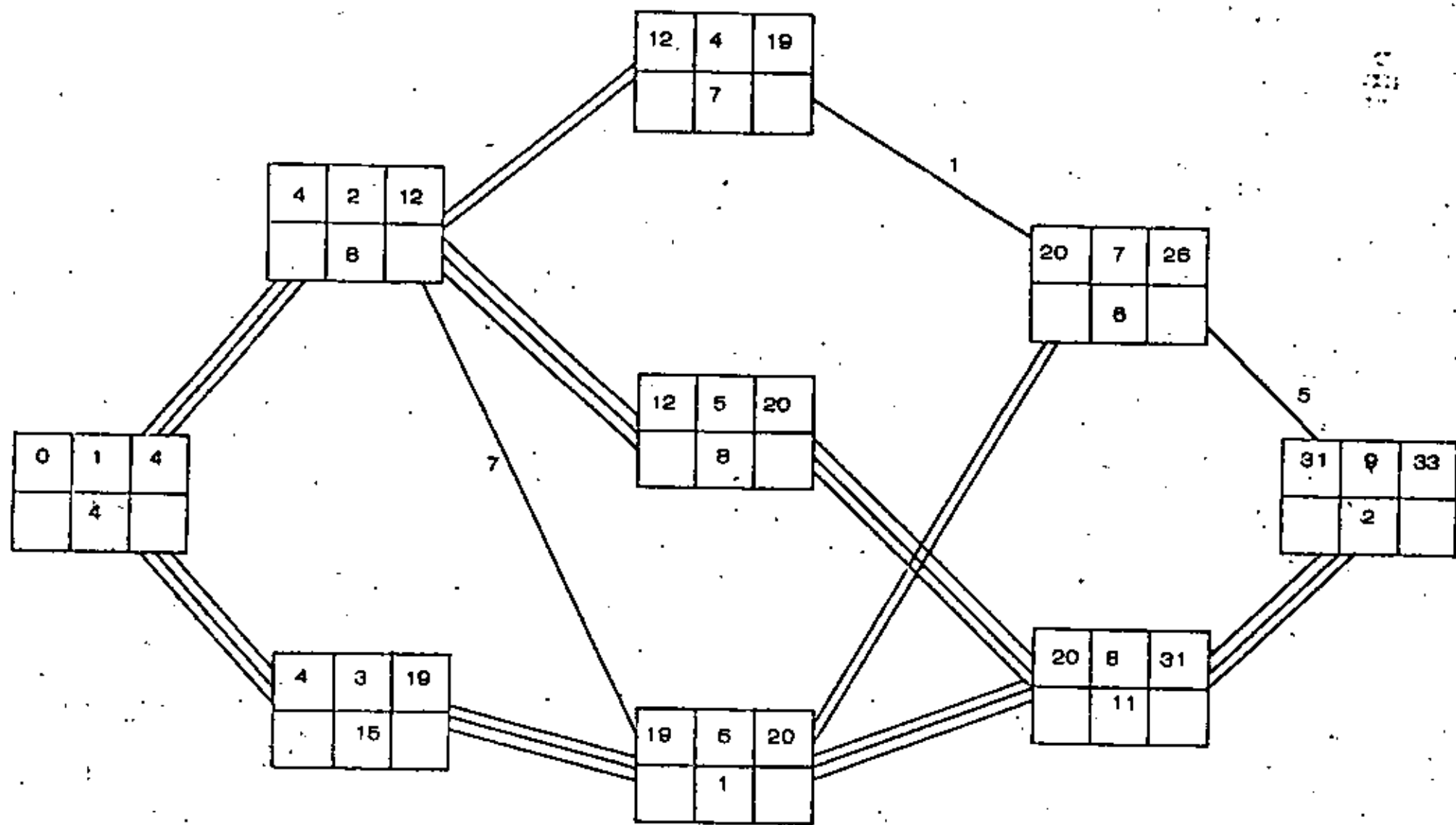


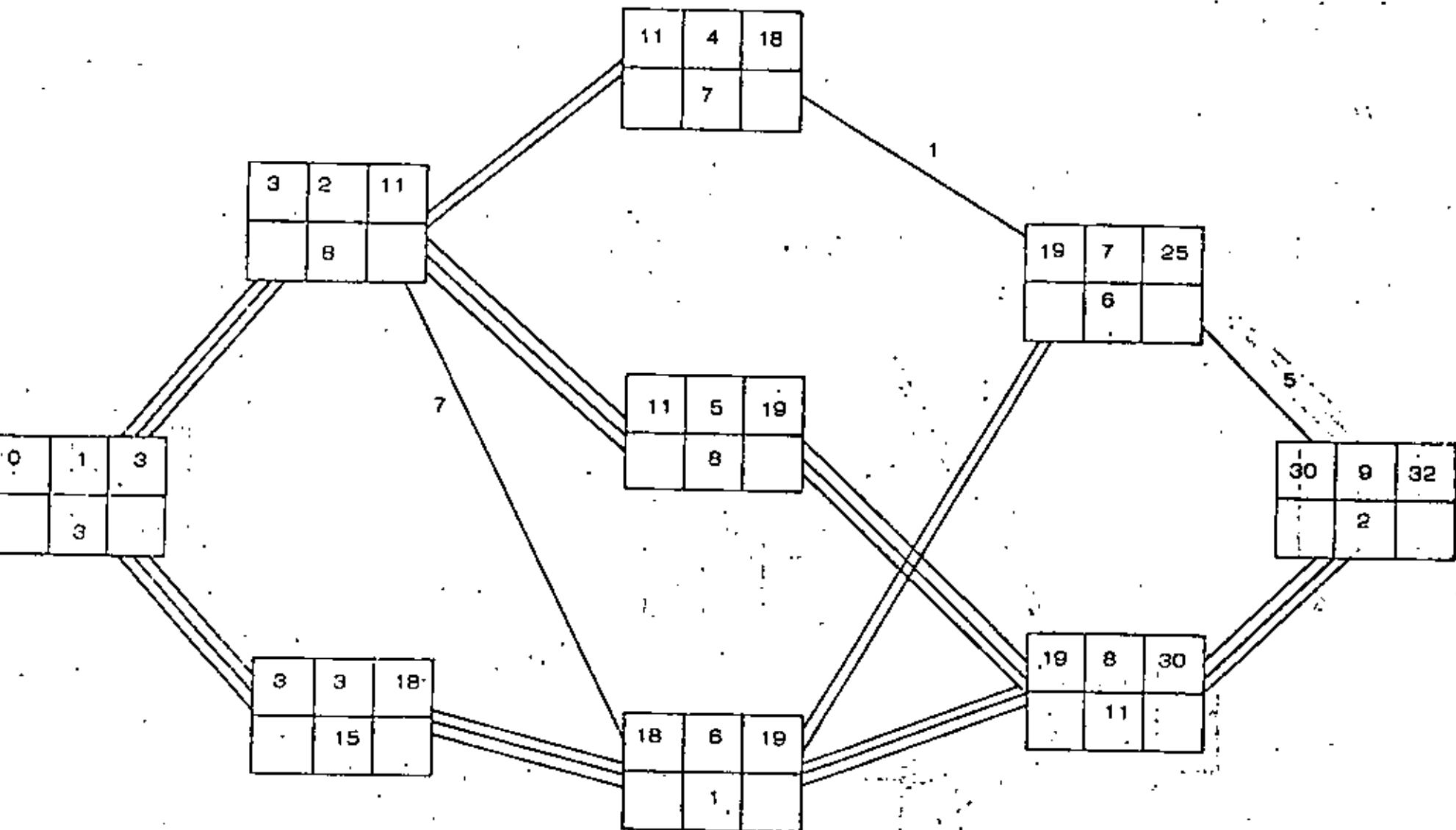
Figura 40

Tiempo duración: 35 semanas
 Costo directo mínimo: 1,300
 Modificación: Ant. 18: ...1 semana.



Tiempo duración: 33 semanas
 Costo: 1,320
 Modificación: 2 semanas.

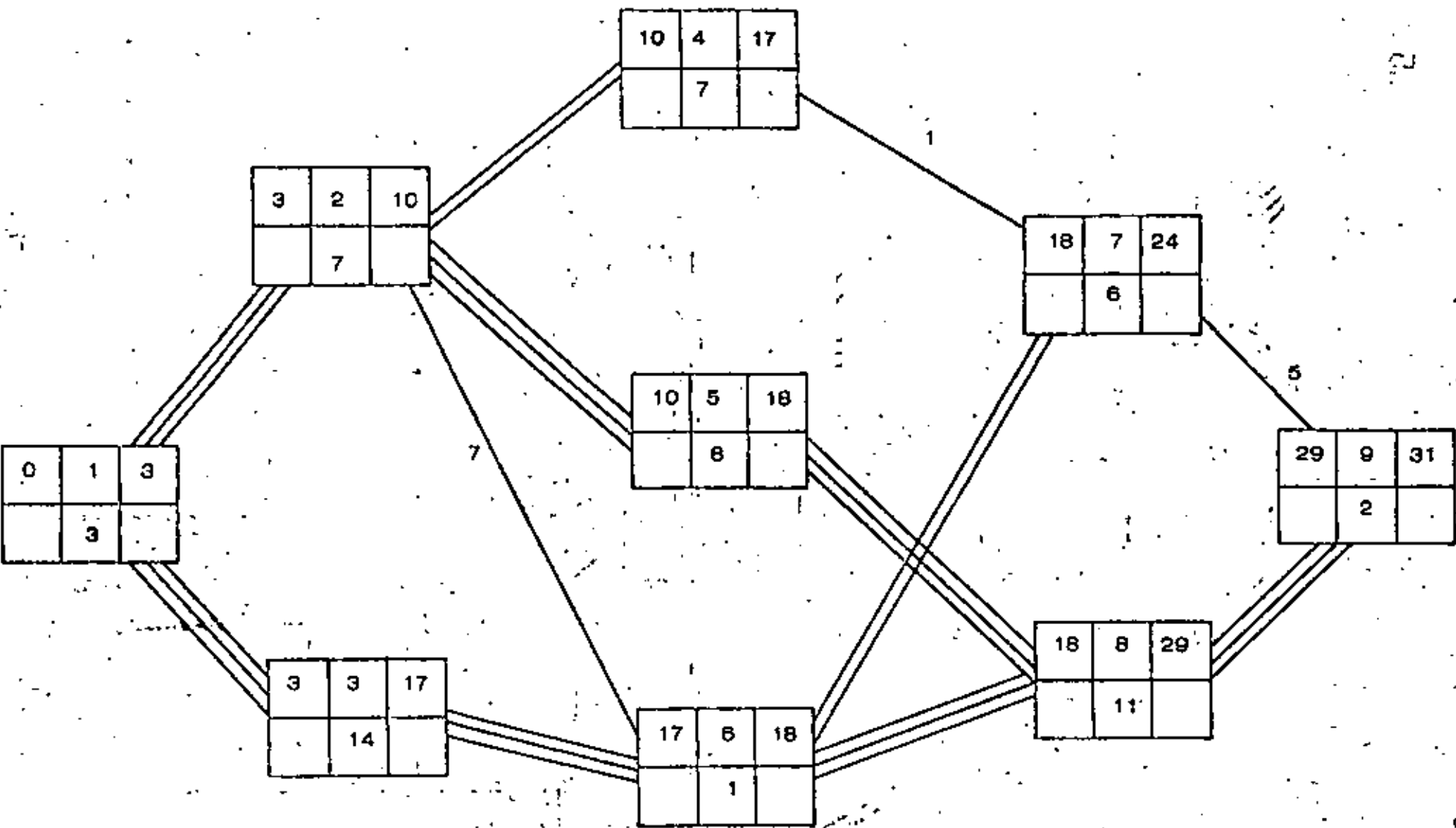
Figura 41.



Tiempo duración:
 Costo:
 Modificación:

32 semanas
 $\$1,320 + \$15 = \$1,335$
 Act 1: 1 semana

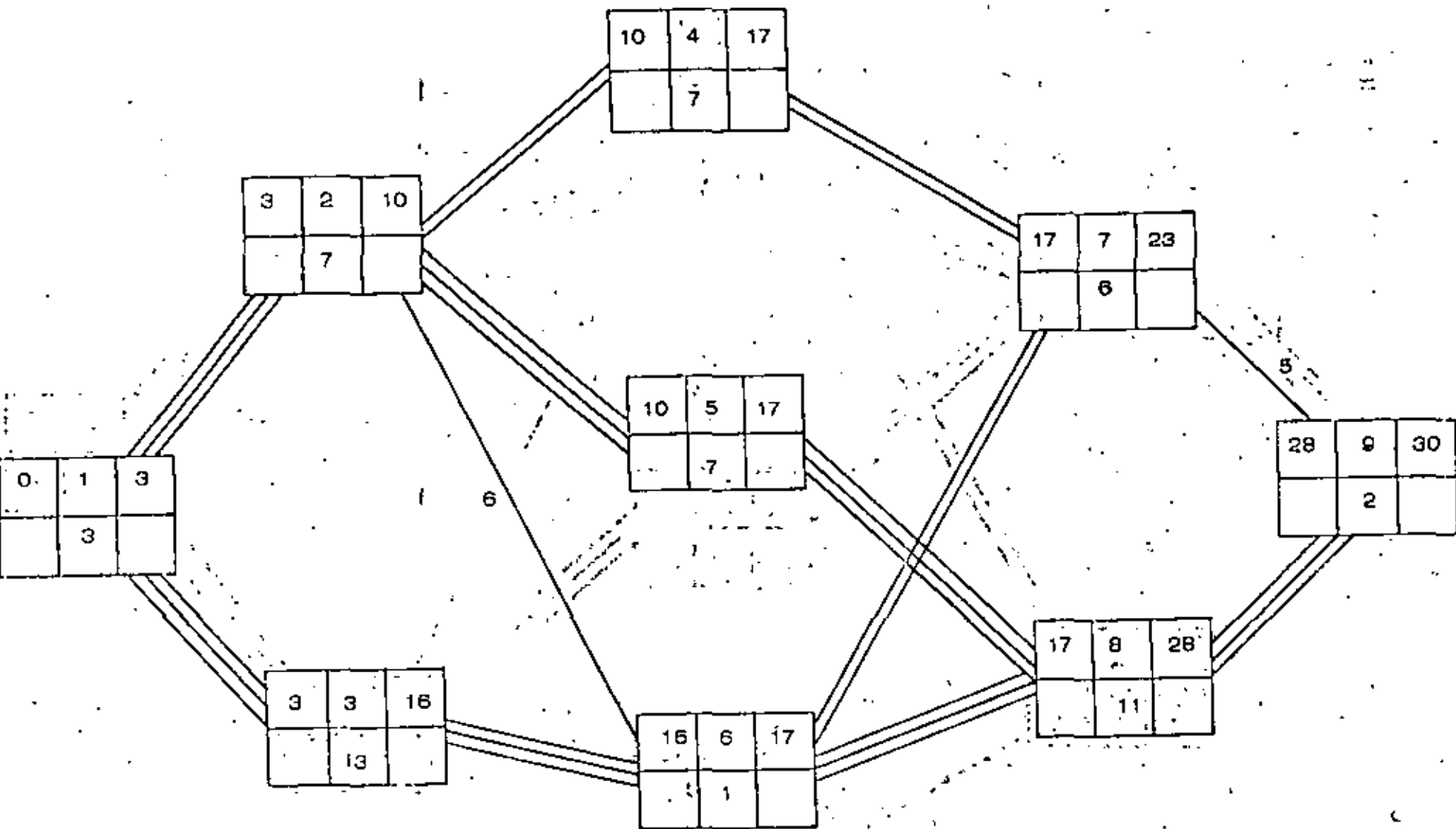
Figura 42



Tiempo duración:
 Costo:
 Modificación:

31 semanas
 $\$1,335 + (10 + 10) = \$1,335$
 Acts 2 y 3: 1 semana.

Figura 43.



Tiempo duración:
 Costo:
 Modificación:

30 semanas
 $\$1,355 + (10 + 15) = \$1,380$
 Acts 3 y 5: 1 semana

Figura 44

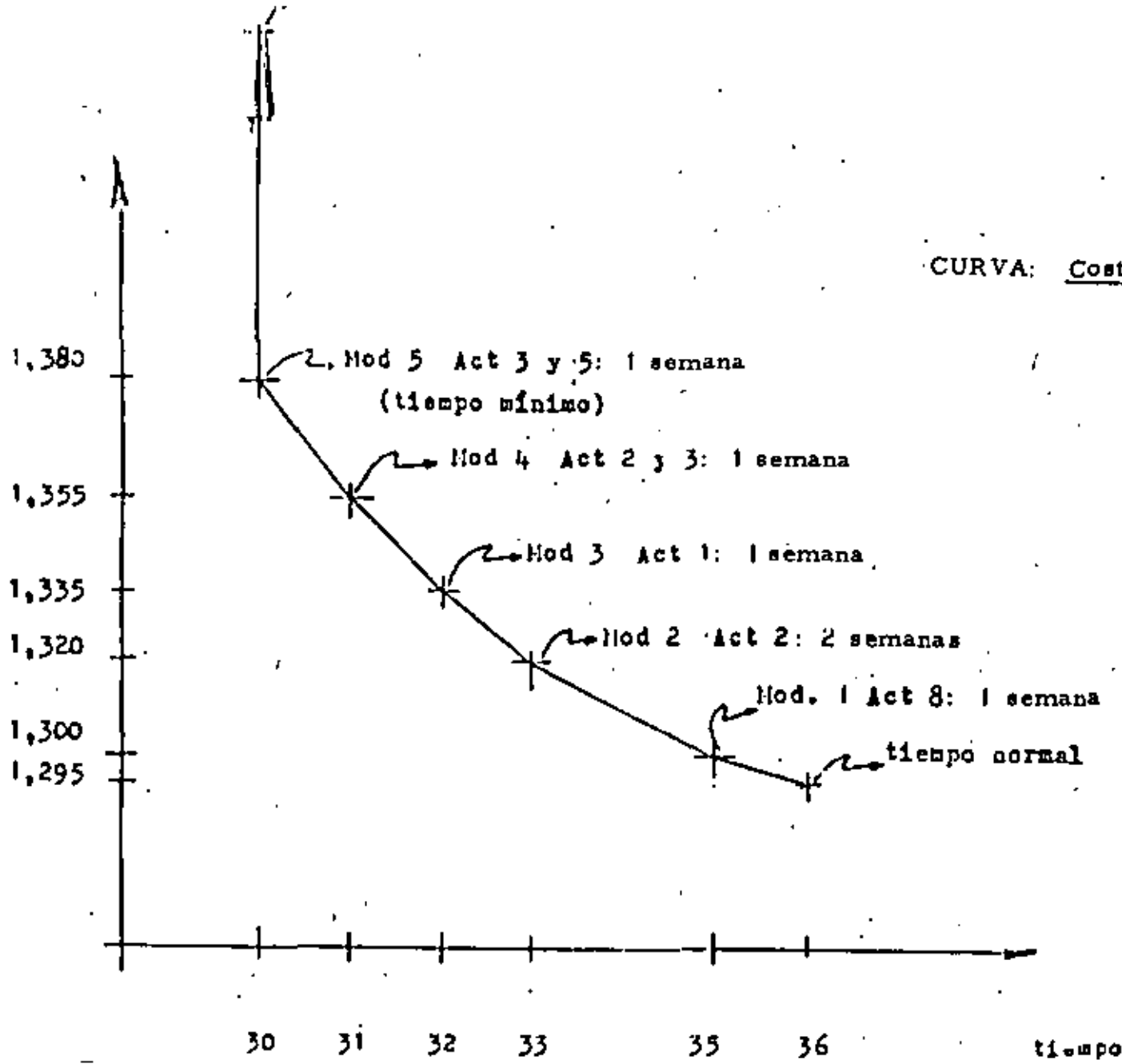


Figura 45

Para poder controlar los costos indirectos, habrá necesidad de predecirlos con base en experiencias anteriores. Una manera práctica de lograr lo anterior, lo constituye el diagrama conocido como del "punto de equilibrio" correspondiente a un determinado período de tiempo (fig 46). En él puede observarse el volumen mínimo que deberá hacerse en ese período, para "salir a mano", es decir, para no tener pérdidas y poder absorber los costos fijos existentes.

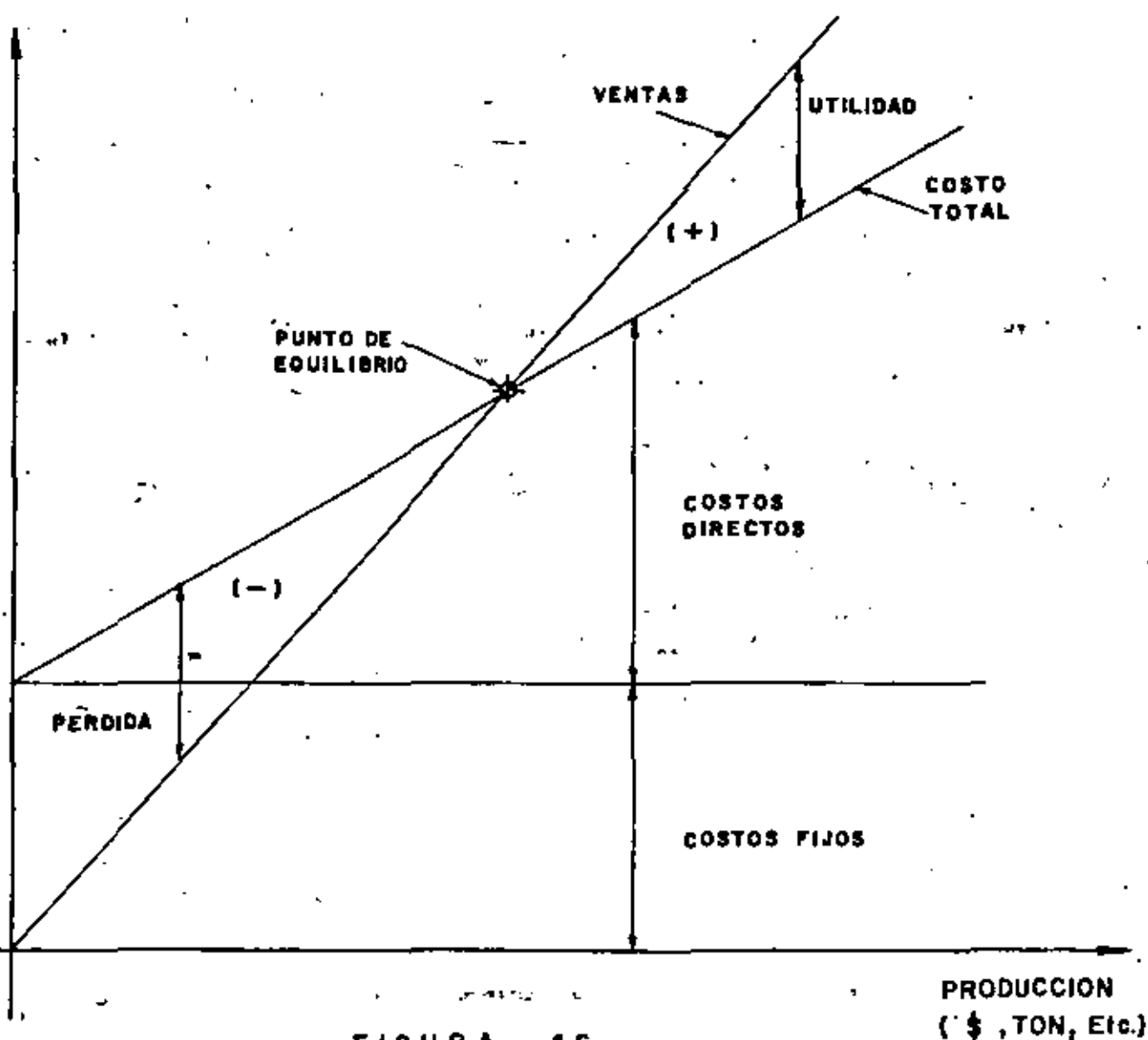


FIGURA 46

PRODUCCION
(\$, TON, Etc.)

Los controles detectan las desviaciones respecto a los planes originales, mas no las causas que las originan. Las técnicas de análisis de tiempos y movimientos, constituyen una herramienta muy poderosa en la identificación de errores o vicios que normalmente son las causas que motivan esas diferencias, entre los resultados obtenidos y los rendimientos esperados.

Es por lo anterior, que se estudiarán en el siguiente capítulo dichas técnicas, como un complemento importante del método de la ruta crítica.

5. TECNICAS DE ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS APLICADAS A LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION

5.1 INTRODUCCION

El motivo por el cual se decidió presentar este trabajo, fue la observación de que las técnicas de análisis de tiempos y movimientos han sido empleadas con bastante éxito en la industria manufacturera, y en cambio, su aplicación en la industria de la construcción ha sido casi ignorada por completo.

Estas técnicas consisten en analizar la forma de realizar las operaciones rutinarias para llevar a cabo una determinada tarea, con el objeto de encontrar una manera más fácil, económica y segura de llevarlas a cabo. Tratan de optimizar la efectividad de cada esfuerzo que se efectúa.

Tomamos como premisas de su aplicación:

- a) "Cada peso ahorrado incrementa la ganancia o disminuye la pérdida"
- b) "Siempre hay una mejor manera de hacer las cosas, una óptima solución que no estamos aplicando"

Ventajas resultantes de su aplicación:

- a) "No se pasan por alto puntos importantes"
- b) Al analizar cada actividad, aislándola de los problemas cotidianos, es posible descubrir una mejor forma de realizarla.

El análisis de tiempos y movimientos se ha usado poco en la construcción, a pesar de la gran importancia de esta actividad, por los siguientes argumentos:

- a) cada obra es diferente
- b) el personal no es de planta
- c) las actividades no son repetitivas
- d) las actividades duran poco

Además de lo anterior, existe la tendencia en el constructor de responsabilizar al "maestro de obra" de la ejecución, dirección y selección de procedimientos, atribuyéndole una "genial habilidad" organizadora y planificadora.

Por otra parte, si tenemos presente que un 75% a 85% de todas las actividades de una obra consisten en el manejo y movimiento de materiales, y que observadores de la implantación de estas técnicas sostienen que los ahorros derivados de estos estudios se estiman conservadoramente en 8 a 10 veces el costo de su aplicación, puede concluirse que es indispensable aplicar estas técnicas en la industria de la construcción.

5.2 EL ELEMENTO HUMANO

El éxito de la aplicación de las técnicas de análisis de tiempos y movimientos en la industria de la construcción, depende en gran parte de la colaboración que preste el personal, por lo que es aconsejable involucrarlo en su aplicación, motivarlo lo más posible y hacerlo partícipe en la toma de decisiones, incrementando con esto su interés en aumentar la productividad.

Por lo anterior, se comprende que es de sumo interés no desanimarlo, ni que pierda su iniciativa e imaginación.

Se recomienda, para lograr involucrar al personal en la aplicación de estas técnicas, las reuniones informales de

grupo, dirigidas por el encargado de estos estudios, acompañadas de exhibiciones de material fotográfico, procurando la participación espontánea y sincera de los asistentes, y tratando de explotar la máxima: "hágalo usted mismo". Los principales beneficios derivados de reuniones de este tipo, son:

- a) La creatividad e inventiva generadas a través de la emulación mutua, la aportación de la experiencia de los participantes y la crítica constructiva.
- b) La "psicología de la participación": la gente se considera como autora del nuevo método desarrollado, lo que conduce a una mayor cooperación y entusiasmo de los que intervendrán en la aplicación del nuevo plan de trabajo.

El principal obstáculo que se interpone en la realización de algún cambio, es el problema humano, ya que en general, la gente es renuente al cambio. La principal causa de esto es el temor a la pérdida del prestigio, al fracaso, etc... La mejor forma de superarlo es el buen conocimiento y entendimiento de las cosas.

Es común el uso ineficiente de la mano de obra, esto se debe a la mala o nula comunicación que se tiene con los obreros; las órdenes no son claras y específicas, ni tampoco se les indica la mejor manera de hacer las cosas.

Es necesario tener presente que cada persona entiende según su experiencia, memoria, preparación y conveniencia. Por ello, es recomendable que las órdenes sean escritas y lo más claras que sea posible. Además, es conveniente al asignar tareas a los obreros, tener presente ciertos principios que gobiernan el comportamiento humano para condiciones de trabajos físicos pesados, como es el caso de la construcción.

Estos principios pueden resumirse en las gráficas de las figuras siguientes:

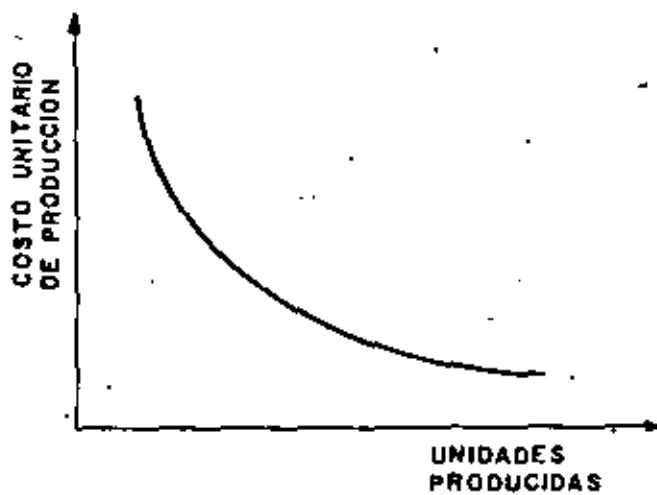
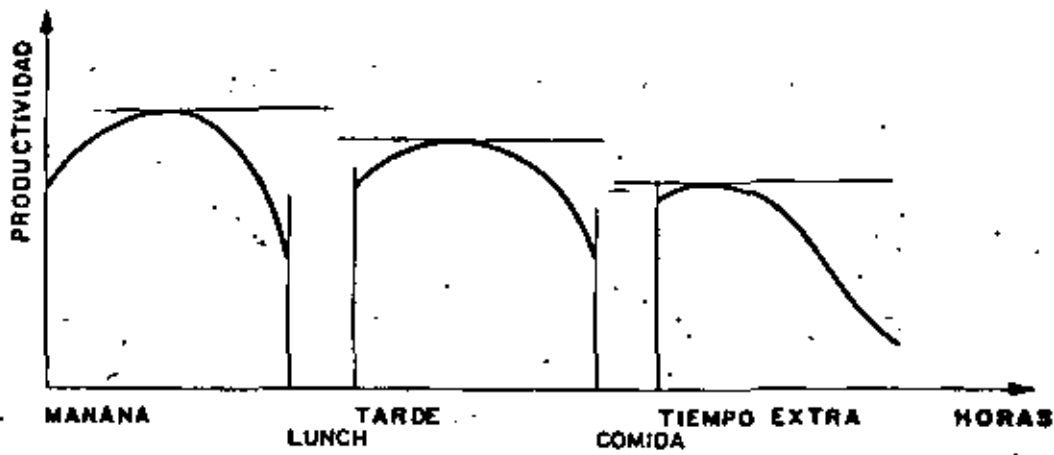
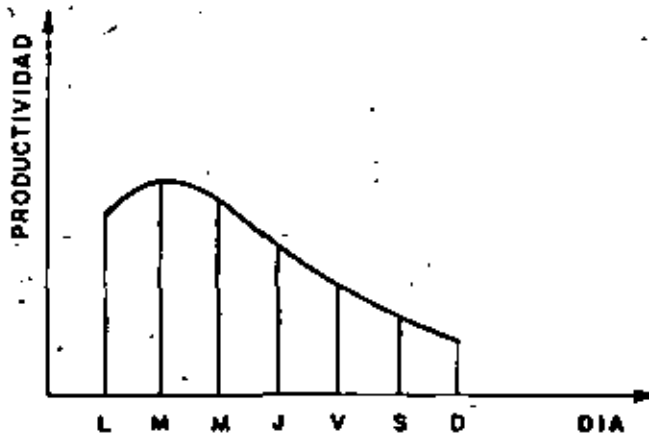


Figura 47

RENDIMIENTO DIARIO

60

RENDIMIENTO SEMANAL

SI SE TRABAJA EL DOMINGO
UNAS CUANTAS HORAS, EN
EL INICIO DE LA SEMANA LA
PRODUCTIVIDAD BAJA.

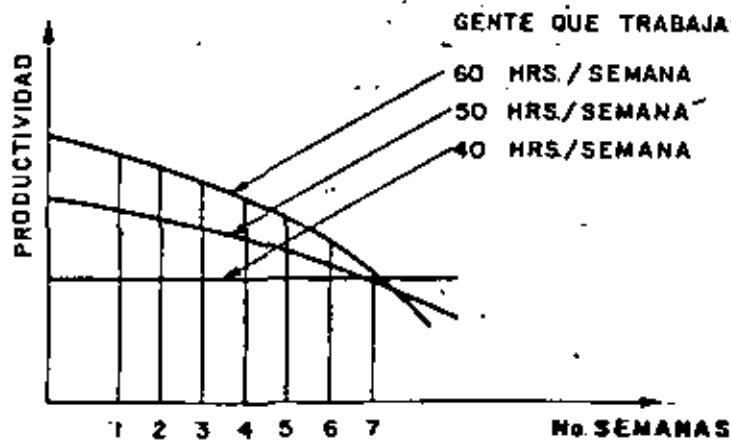
RENDIMIENTO BIMESTRAL

Figura 48

Por último, habrá también que tener presente que el tiempo de adaptación absoluta de turnos diurnos a nocturnos y viceversa, varía entre 2 a 25 días, dependiendo de características específicas de las personas.

En resumen, para tratar de descubrir una mejor manera de realizar las cosas, se necesita además de tener una mente abierta al cambio, tener un espíritu de creatividad y una posición contraria al conformismo, al tradicionalismo, a la timidez y a la suficiencia. Es necesario tener presente que no se deben cambiar las formas de realización de las cosas sólo por cambiarlas, sino por mejorarlas.

5.3 PASOS PARA PODER DESARROLLAR ESTAS TECNICAS

Registro de cómo se lleva a cabo el ciclo que se está estudiando, enmarcado dentro de las condiciones generales de la obra. Este registro se puede realizar mediante:

5.3.1 Observación visual

5.3.2 Estudios con cronómetro

VENTAJAS:

Los más baratos y más rápidos de realizar en el campo. Útiles cuando es uno o muy pocos los elementos observados.

LIMITACIONES:

- a) Siempre existe un error acumulativo cada vez que el cronómetro se para, se lee y se vuelve a echar a andar (el error es más importante mientras más cortas sean las duraciones de las actividades observadas)
- b) El observador decide al momento de tomar lecturas, cuándo empieza y cuándo termina una cierta

actividad, o en qué instante separar dos actividades o ciclos. Esto puede ser grave cuando el estudio lo realiza más de un observador, cosa que es necesario en obras grandes.

- c) Es bastante largo, lo que puede originar un cambio de las condiciones de la obra, y con ello, una falsedad en la información recabada; por ejemplo, para registrar una actividad que involucra 10 elementos (hombres, máquinas, etc...), se requerirá de la observación de:

$10 \text{ elementos} \times 5 \text{ observaciones/elemento} = 50 \text{ ciclos}$

Es probable que las condiciones hayan variado considerablemente entre la primera observación y la quinta.

- d) El estudio se limita a lo estrictamente observado, por lo que resulta incompleto, especialmente en lo relacionado con la interdependencia de las actividades.
- e) Debido al volumen de información que el observador debe ir anotando en muy poco tiempo, es usual que descuide su objetivo y la precisión en los datos tomados. Para contrarrestar esto, es recomendable dedicar un tiempo del observador exclusivamente a ver los trabajos sin tomar ninguna nota, para que norme el criterio de sus observaciones en función de las condiciones en las que realmente se está llevando a cabo el trabajo.
- f) Al darse cuenta los obreros de la realización de este estudio, adoptan una posición distinta a la normal. Esto es debido a que los trabajadores se sienten considerados como simples máquinas, a quienes se trata de explotar al máximo, consideran

que los estudios se hacen con el objeto de bajar el monto de los destajos que se les están pagando, etc...

5.3.3 Estudios con fotografías tomadas a intervalos constantes de tiempo (time-lapse photography)

VENTAJAS

- a) Relativamente barato: un rollo de 100 pies dura 3 horas 30 minutos, con fotos cada 3 segundos (40 fotos/pie).
- b) Capaz de tomar nota de varias actividades de un gran número de componentes a la vez.
- c) Capaz de tomar nota de las interrelaciones de los componentes.
- d) Es una colección de observaciones permanentes y de fácil comprensión.
- e) Los supervisores y maestros de obra pueden estudiar y mejorar su trabajo con la sola visualización de la película.
- f) Las fotografías pueden servir para fines de enseñanza, descripciones de algún problema o estudios de seguridad.
- g) Descubre muchos vicios o trabajos innecesarios que se hacen por rutina y pasan desapercibidos normalmente, o a los cuales no se les da la importancia que realmente tienen.
- h) Los datos observados son irrefutables: la gente en ocasiones no quiere cambiar sus procedimientos

tradicionales, alegando que los estudios no tienen validez por estar basados en observaciones equivocadas. Con este procedimiento aceptan los cambios al ver el estudio fotográfico, y en ocasiones sugieren ellos mismos mejoras importantes, y con ello se vuelven colaboradores del sistema.

- i) Archivo de experiencias obtenidas en distintas obras.

EQUIPO:

- a) Cámara de cine con solenoide, dispositivo para fijar la frecuencia de las fotografías (timer), fuente de energía y tripié.
- b) Proyector con contador de fotografías y velocidad de proyección regulable, para adelante y en reversa.
- c) Estudios con video-tape. Está en desarrollo el equipo para su aplicación a la construcción.

Es recomendable que no se re-use la cinta magnética, porque se pierden experiencias pasadas.

Tiene la ventaja sobre la fotografía de que la información tomada en el campo puede analizarse de inmediato, sin tener que esperar al revelado del material filmado. En resumen, podría asignársele a esta forma de recolección de datos, las mismas ventajas que las correspondientes a los estudios con time-lapse.

5.4 ANALISIS DE LA INFORMACION RECOLECTADA

Los sistemas de análisis gráficos constituyen en sí, un

método de registro y de comunicación. Deben contener datos representativos de lo que sucede en la obra y no hechos ocasionales.

Los más útiles y usados en construcción, son:

5.4.1 Balance de recursos

Es un conjunto de barras verticales que parten de un mismo eje horizontal, construidas a escala y expresadas en % del tiempo del ciclo. En cada barra se expresan las actividades que desarrolla un sólo elemento del grupo estudiado (máquina u hombre), incluyendo en ellas el tiempo improductivo u ocioso, por lo que la interrelación de cada uno de los recursos usados puede apreciarse al comparar las diversas barras a lo largo de una línea horizontal. De su observación, se advierte en muchos casos, algún cambio en la manera de realizar las cosas o de integrar más eficientemente una cuadrilla (es importante hacer notar que con este estudio no se puede analizar la eficiencia o rendimiento de los recursos usados).

Es importante tratar de tener siempre las cuadrillas balanceadas, porque al cambiar ciertas condiciones (entregas de material, nuevos o más elementos disponibles, más eficiencia individual de algunos trabajadores, etc...), éstas se pueden desbalancear.

Es necesario, al construir las barras, identificar el % de cada tipo de actividad o tiempo ocioso, con un determinado color o asciurado.

5.4.2 Diagrama de flujo de proceso

Es la representación en un croquis (acotado si es

posible, aunque sea en forma aproximada) del movimiento y ubicación de los materiales y equipo usados en el proceso.

5.4.3 Carta de procesamiento

Es la relación de trabajos que integran un ciclo de trabajo.

A la descripción de cada uno de los trabajos relacionados, deberá agregársele el tiempo que toma en llevarse a cabo, el % del tiempo del ciclo que le corresponde, y el símbolo que lo identifica como una actividad de transporte, operación, inspección, retardo o almacenamiento, según la tabla que aparece a continuación, propuesta por la ASME (American Society of Mechanical Engineers).

<u>Símbolos usados</u>	<u>Nombre</u>
○	operación
→	transporte
□	inspección
D	retardos
▽	almacenamiento

Para ilustrar los métodos gráficos de análisis de información, se reproducen los ejemplos que sugiere H W Parker en la publicación que aparece al final de estas notas como referencia #2.

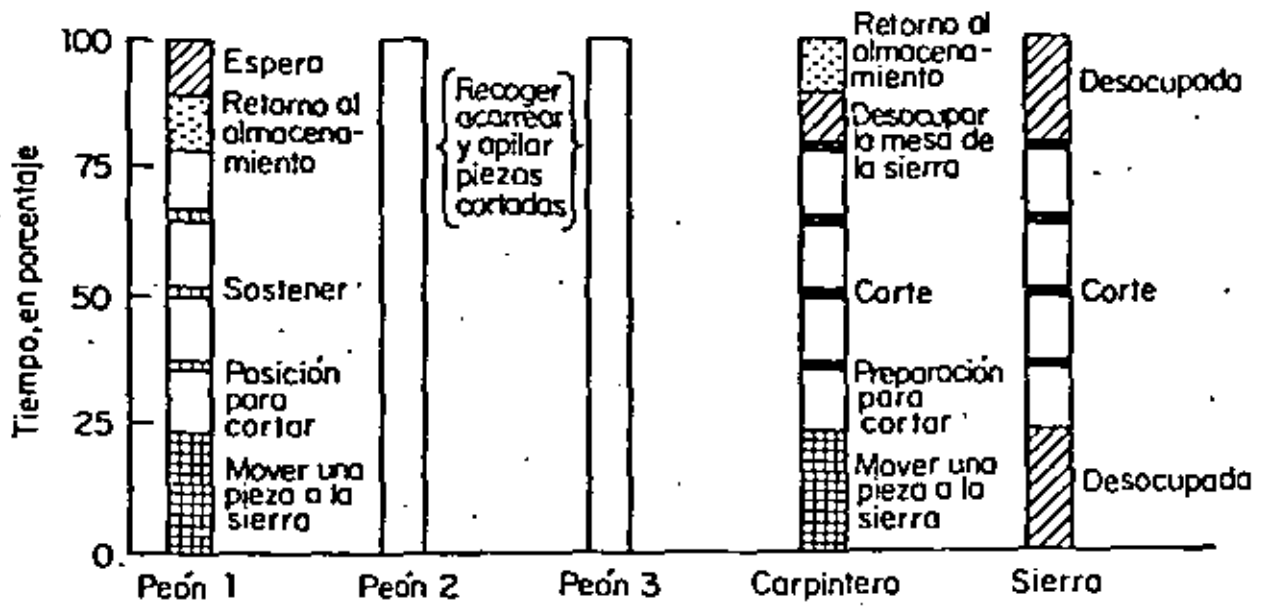


Diagrama de balance de recursos

Almacenamiento de madera apilado sobre el piso

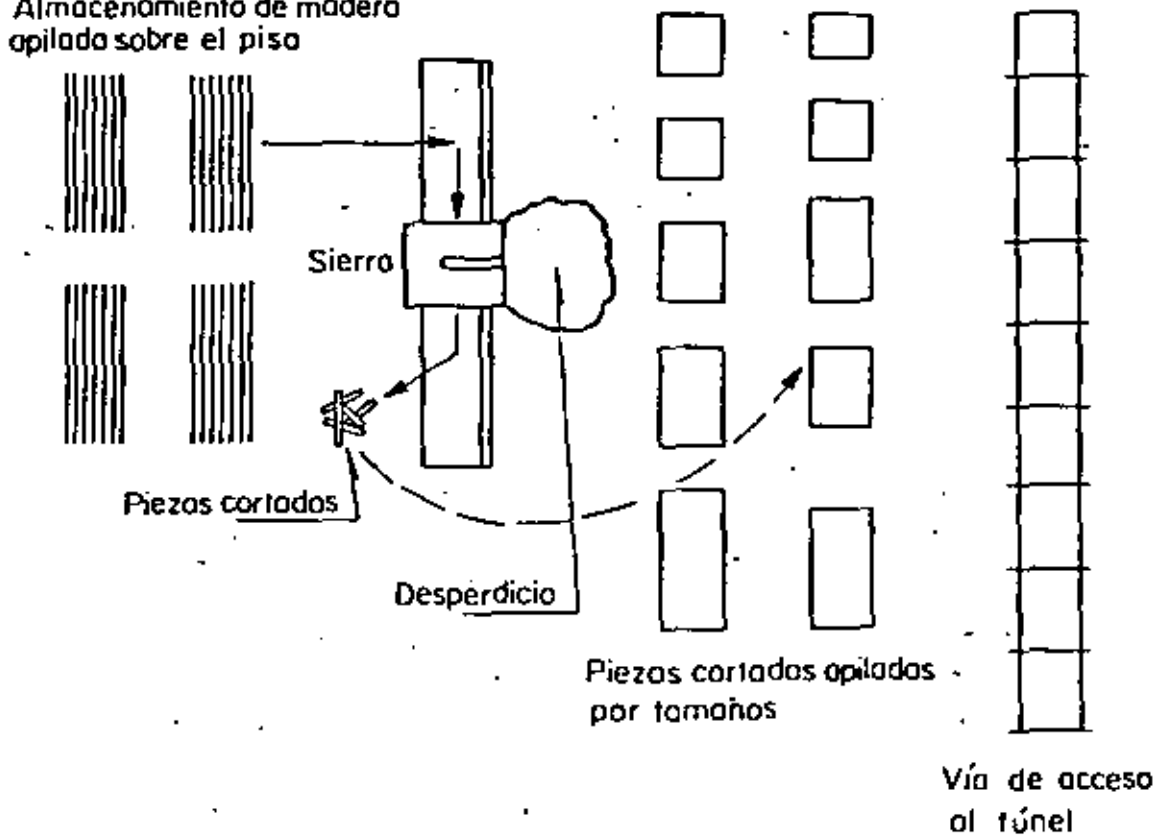


Diagrama de flujo

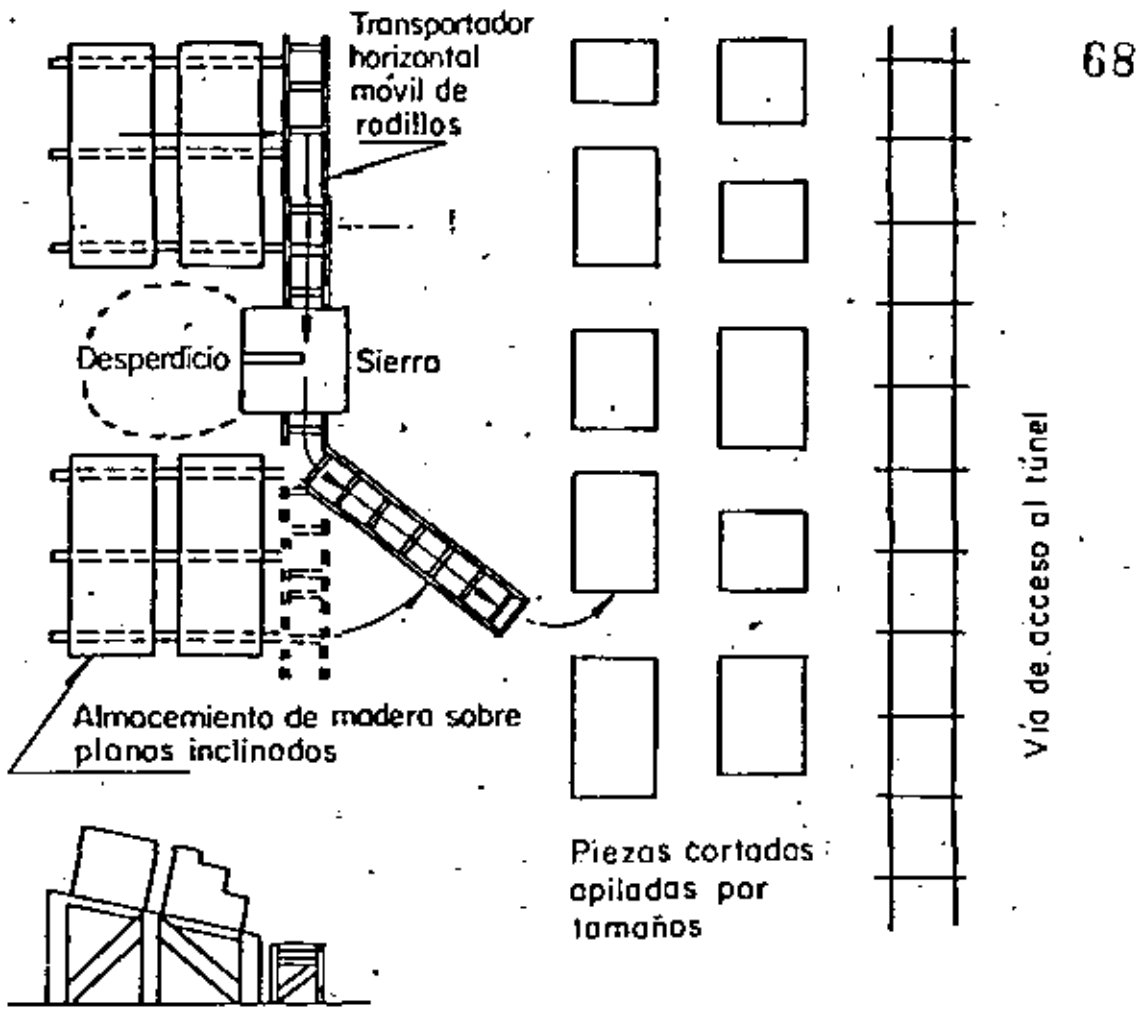


Diagrama de flujo

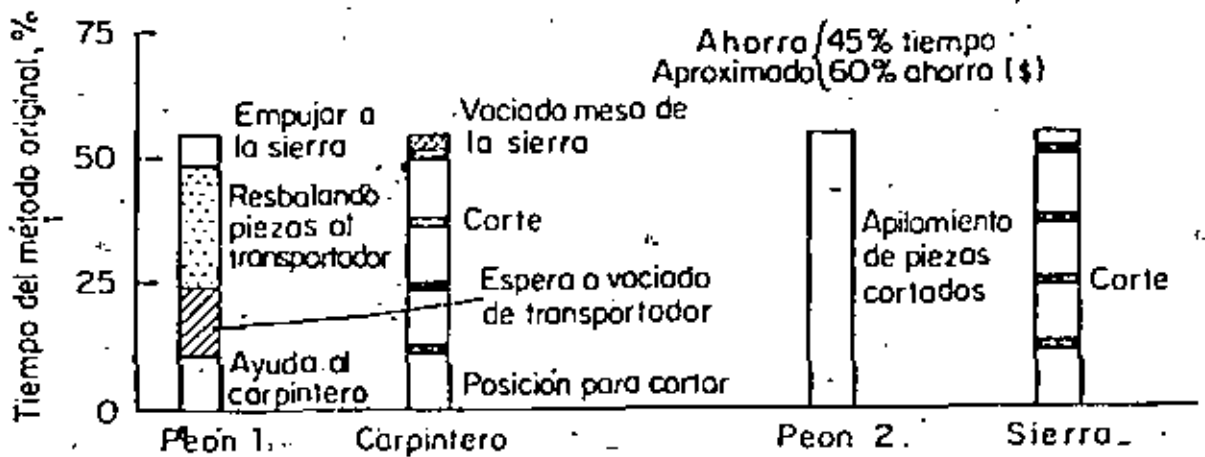
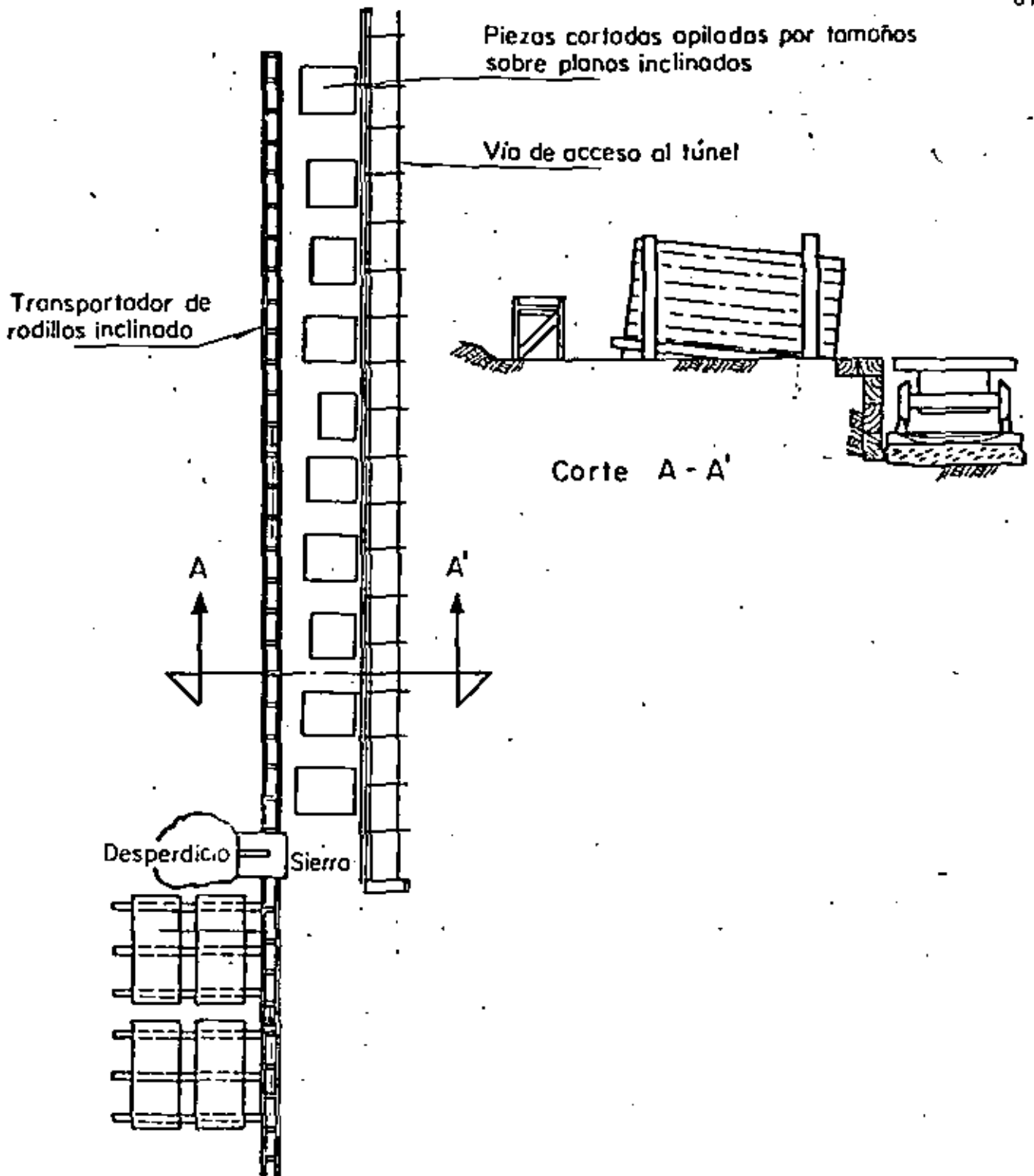


Diagrama de balance de recursos



5.5 "DESAPROVECHAMIENTO" DE NUEVOS MÉTODOS

Es conveniente, para lograr mejores resultados en esta etapa, seguir las siguientes sugerencias:

- a) Hacer las seis preguntas básicas para cada detalle:
 - QUE se propone (objetivo)
 - POR QUE se hace de esa manera
 - CUANDO es el mejor momento de realizarla
 - DONDE es el mejor lugar para hacerla
 - COMO es la mejor manera de realizarla
 - QUIEN es el más calificado para llevarla a cabo
- b) Evaluar el lugar donde se lleva a cabo la obra, los recursos usados, herramienta, equipo y materiales, el flujo de los materiales y las condiciones de seguridad.
- c) Discusiones en mesas redondas con gente que participe directamente en la ejecución de la obra.
- d) Solicitar ideas de gerentes, superintendentes, maestros de obra, etc...

5.6 DESARROLLO DE UN NUEVO MÉTODO

- a) Con un claro entendimiento del objetivo deseado, eliminar detalles no necesarios, reasignar recursos, simplificar procedimientos, etc..., para hacer las cosas más fáciles, rápidas y económicas.
- b) Escribir una versión detallada del nuevo método propuesto.
- c) Vender el nuevo método al patrón, superintendente, maestro, trabajadores, etc...

5.7 IMPLANTACION DEL NUEVO METODO

- a) Una vez aceptado, ponerlo en práctica de inmediato
- b) No dejar de poner atención en la ejecución del nuevo método para comprobar que se han aprendido hasta los pequeños detalles.
- c) Dar crédito y reconocimiento a quien se lo merezca.

5.8 MODELOS DINAMICOS

Es posible también analizar actividades cíclicas de construcción, utilizando las herramientas que nos proporciona la ingeniería de sistemas, como puede ser la simulación de modelos dinámicos en los que se utilizan los principios de la Teoría de Colas, probabilidades, etc...

Como ejemplo interesante del empleo de estas técnicas, vale la pena mencionar el estudio que se realizó para la construcción del "Peachtree Center Plaza Hotel" cuya estructura de concreto, la más alta del mundo destinada a hotel, se levanta en Atlanta, Georgia, y que describe D W Halpin en su libro que aparece al final de estas notas como referencia #11.

5.9 CONCLUSIONES

Se piensa que las técnicas de análisis de tiempos y movimientos tienen un gran valor en el medio de la construcción, no sólo por su carácter formativo, sino también por los resultados que pueden obtenerse a través de su aplicación.

6. TECNICAS DE MUESTREO DE LA ACTIVIDAD REAL

Con objeto de juzgar la calidad de la utilización de la mano de obra y el equipo empleado en una construcción, se han desarrollado algunas técnicas de muestreo de las actividades realizadas en el campo, que conducen a una valorización de grupo (no individual).

Estas técnicas consisten fundamentalmente en la obtención de ciertos índices fáciles de conseguir, que ayudarán a identificar con oportunidad dónde existe ocio o mala utilización de los recursos de que dispone la obra. Se basan en principios estadísticos y probabilísticos.

6.1 INDICES

Aunque existe una gran variedad de índices, los más usados en la construcción son:

6.1.1. Índice de campo

Se basa en la observación de elementos que sí trabajan y que no trabajan:

$$\text{Índice de campo} = \frac{\# \text{ gente trabajando}}{\# \text{ gente observada}} + 10$$

6.1.2 Índice de utilización

Se basa en la observación de elementos de tres tipos:

a) Que realizan trabajo efectivo (E):

ejemplo: excavación

b) Que realizan trabajo de contribución (C):

ejemplo: acarreo de tabique

- c) Que realizan trabajo inefectivo o no realizan trabajo (I):

ejemplo: demolición o estar ocioso

$$\text{Indice de utilización} = \frac{E + 1/4 C}{E + C + I}$$

6.2 RECOMENDACIONES

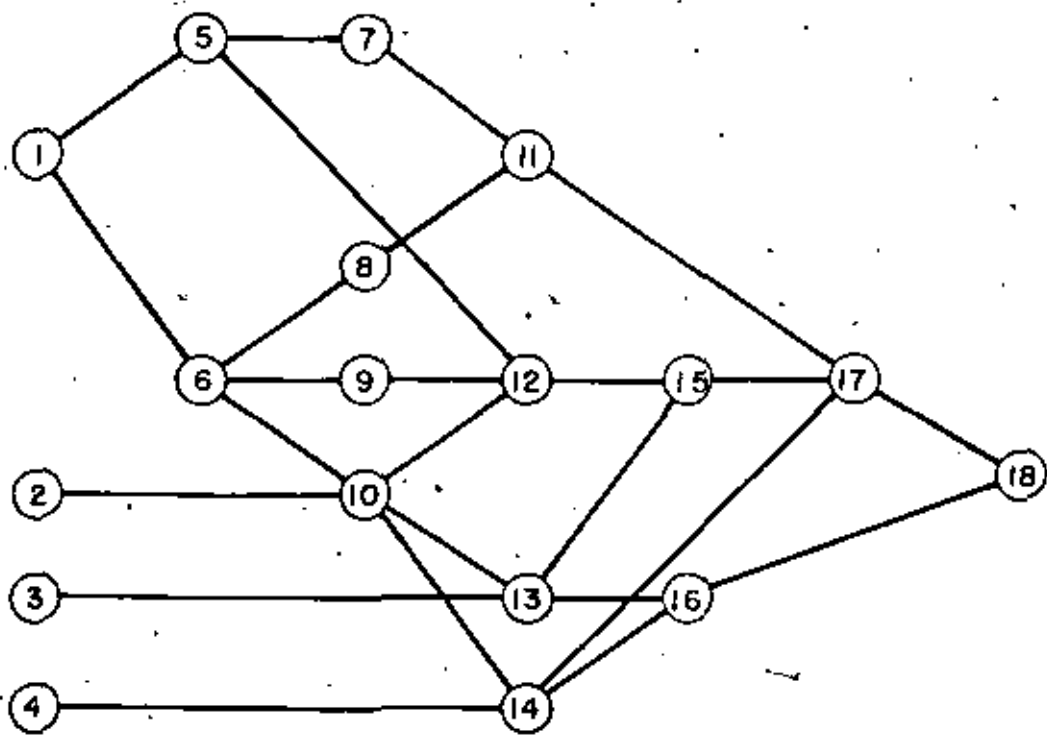
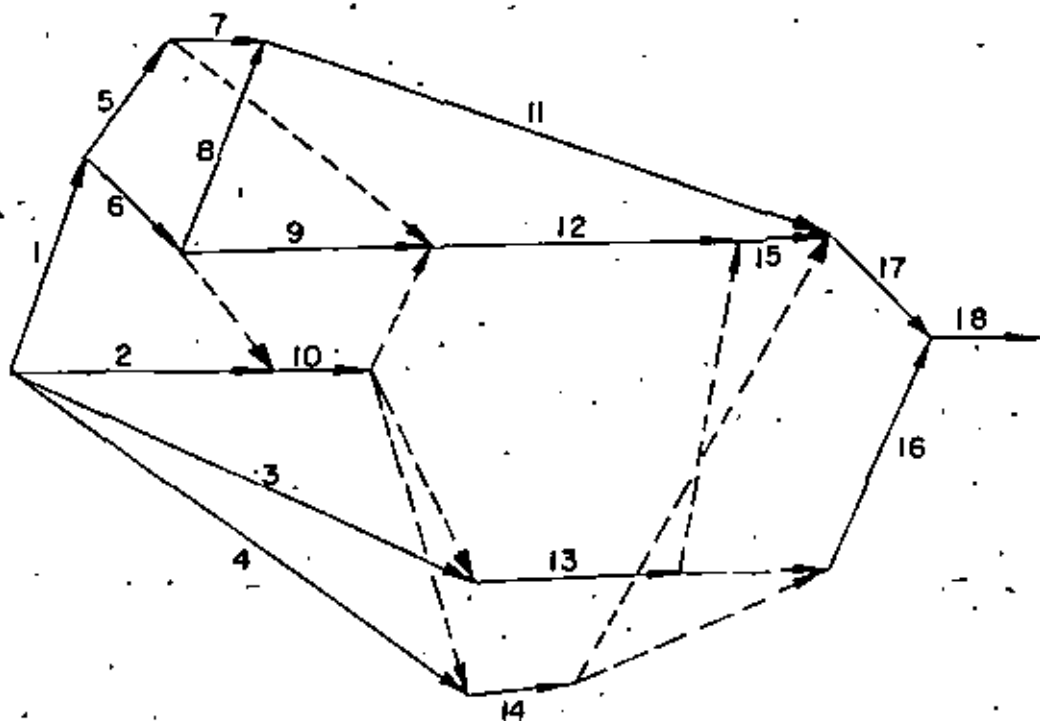
Entre las recomendaciones que se aconsejan en la realización de los muestreos de campo, sobresalen las siguientes:

- a) Deben usarse contadores mecánicos
- b) Debe tomarse en cuenta cada conteo a todo el personal (mínimo 90%) y de ser posible hacerse y reportarse por áreas de trabajo.
- c) La persona que realiza el conteo, no deberá hacer otro tipo de trabajo mientras desarrolla su labor específica.
- d) La cuenta deberá hacerse al instante de la observación, no importa que acabe de terminar una actividad o esté por iniciar otra.
- e) El contador deberá estar entrenado en la manera de hacer el conteo y los motivos por los que se hace.
- f) Los conteos deben hacerse media hora antes o después de haber iniciado o terminado las labores (incluye lunch).
- g) Ningún conteo debe desecharse.

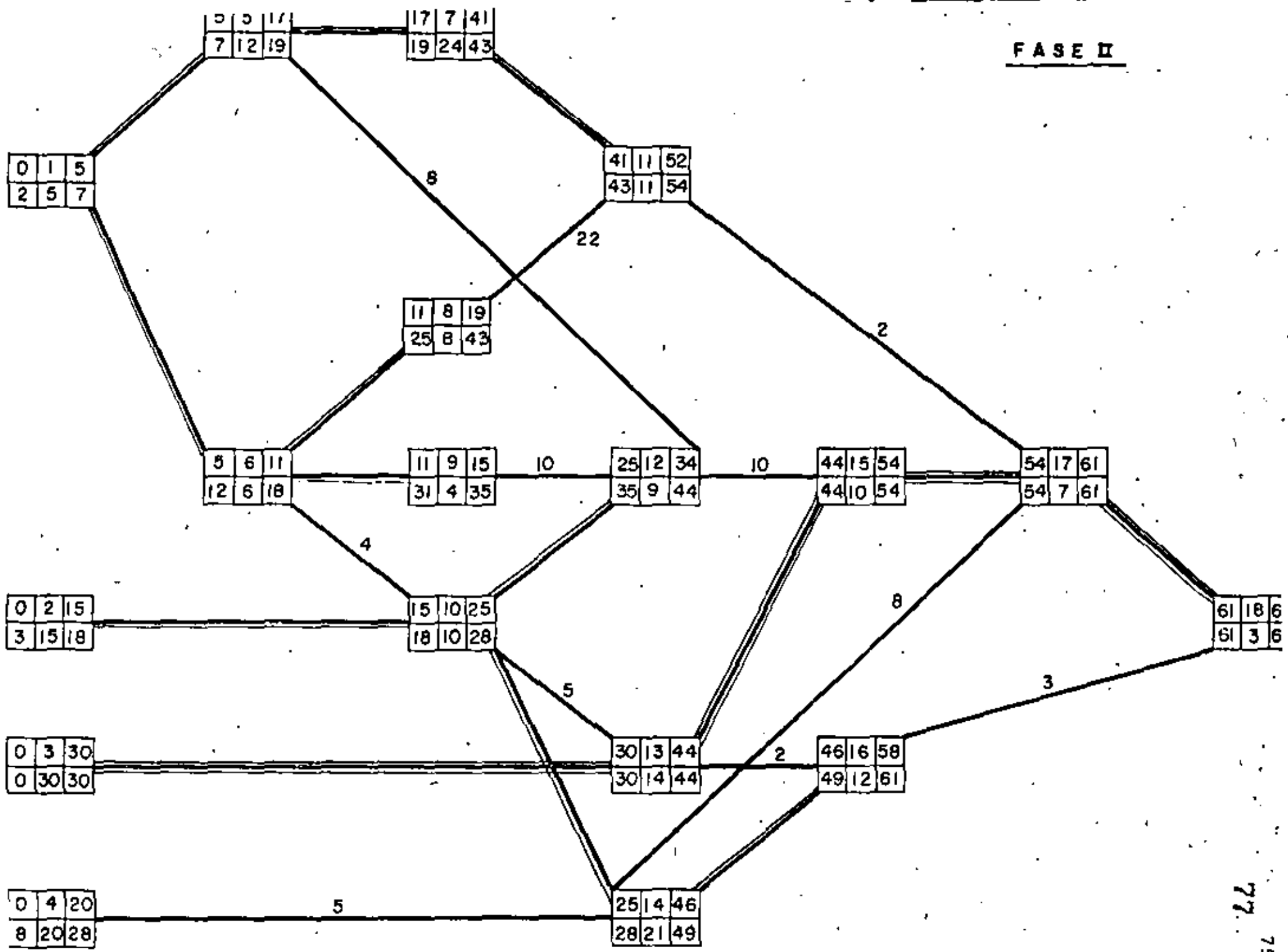
- h) Cada persona tiene la misma oportunidad de ser observada en cualquier momento, e independiente a las demás.
- i) Las observaciones no deben seguir ninguna secuencia específica.
- j) La característica básica del trabajo debe permanecer constante mientras se hacen las observaciones.

Este ejercicio tomado de la referencia 12, se presenta con el objeto de que sea resuelto en forma individual, y se comparen los resultados obtenidos con las soluciones que aparecen a continuación. De esta forma se podrá verificar si los conceptos correspondientes a las tres fases del método de la ruta crítica, se asimilaron debidamente.

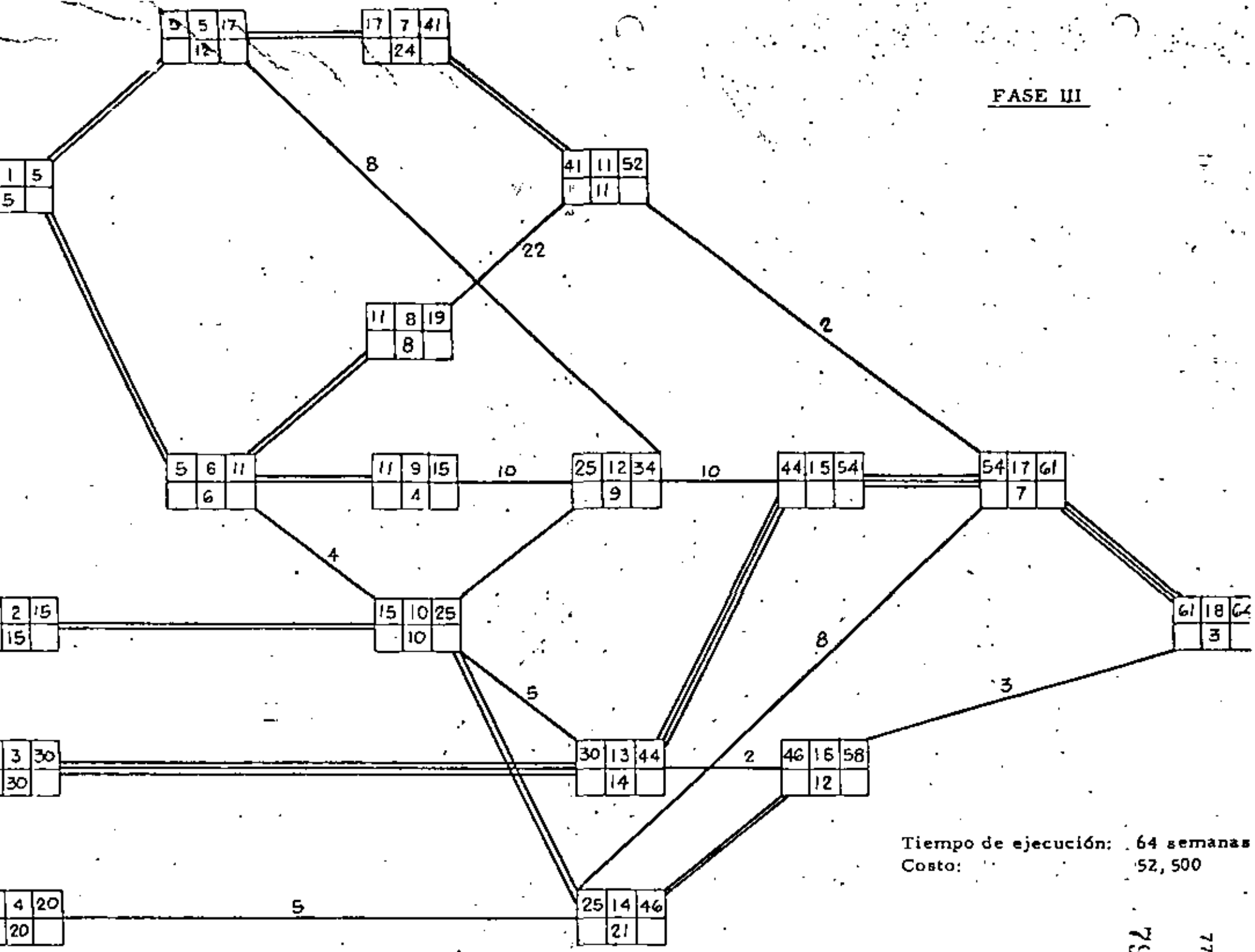
Operación	Debe seguir a la operación(es)	t_n	t_m	\$ para t_n	\$ para t_m	$\Delta\$/\Delta t$
1	-	5	5	1,500	1,500	-
2	-	15	10	7,200	8,000	160
3	-	30	18	8,400	9,000	50
4	-	20	14	2,100	2,700	100
5	1	12	8	1,400	1,560	40
6	1	6	4	800	1,200	200
7	5	24	20	6,800	7,800	250
8	6	8	5	1,000	1,240	80
9	6	4	3	600	900	300
10	2-6	10	7	3,000	3,450	150
11	7-8	11	8	2,500	3,580	360
12	5-9-10	9	6	1,800	2,700	300
13	3-10	14	10	2,600	3,320	180
14	4-10	21	15	8,400	10,800	400
15	12-13	10	6	1,900	2,140	60
16	13-14	12	10	1,300	1,400	50
17	11-14-15	7	5	700	840	70
18	16-17	3	3	500	500	-

FASE I

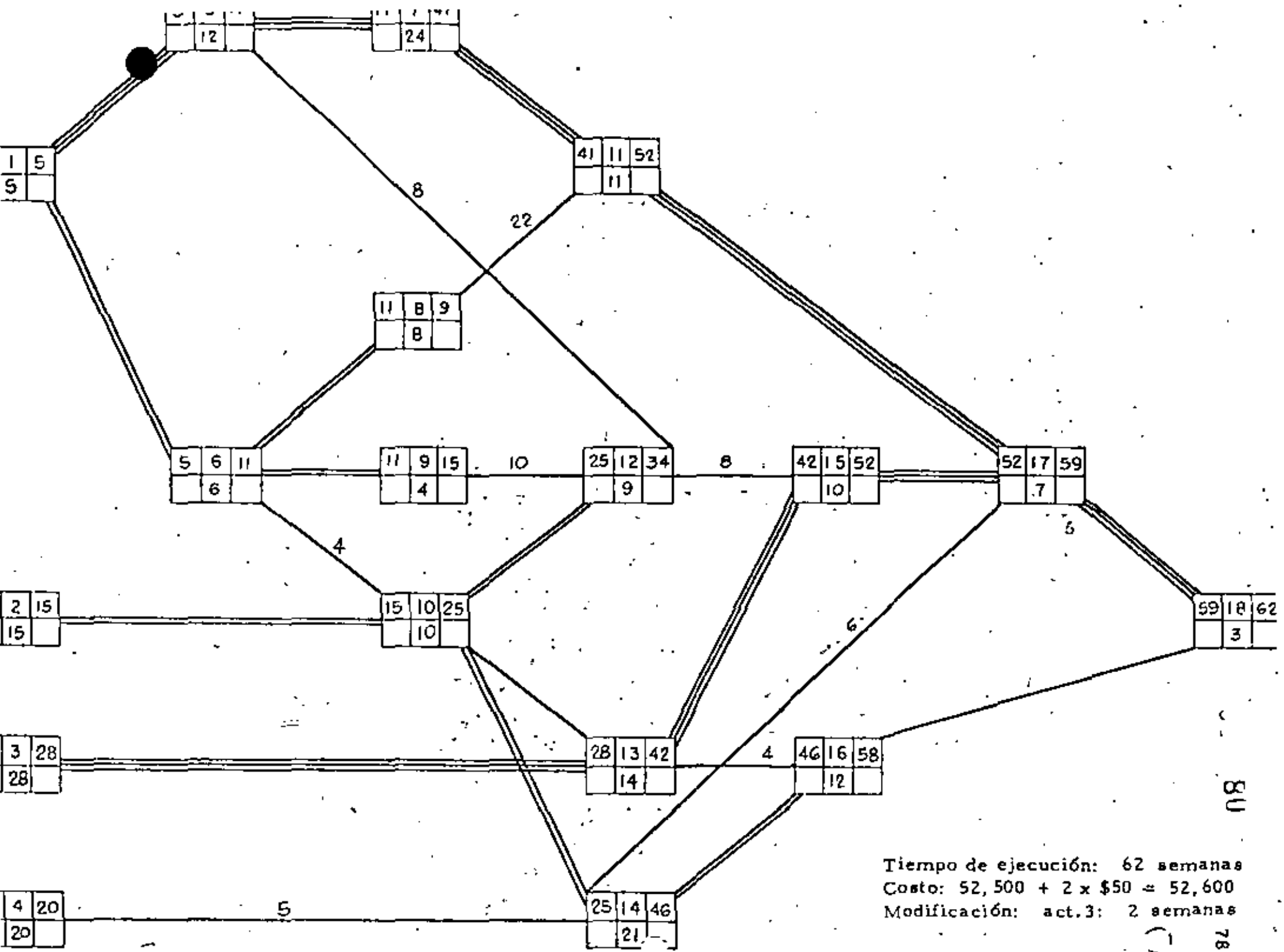
FASE II



FASE III



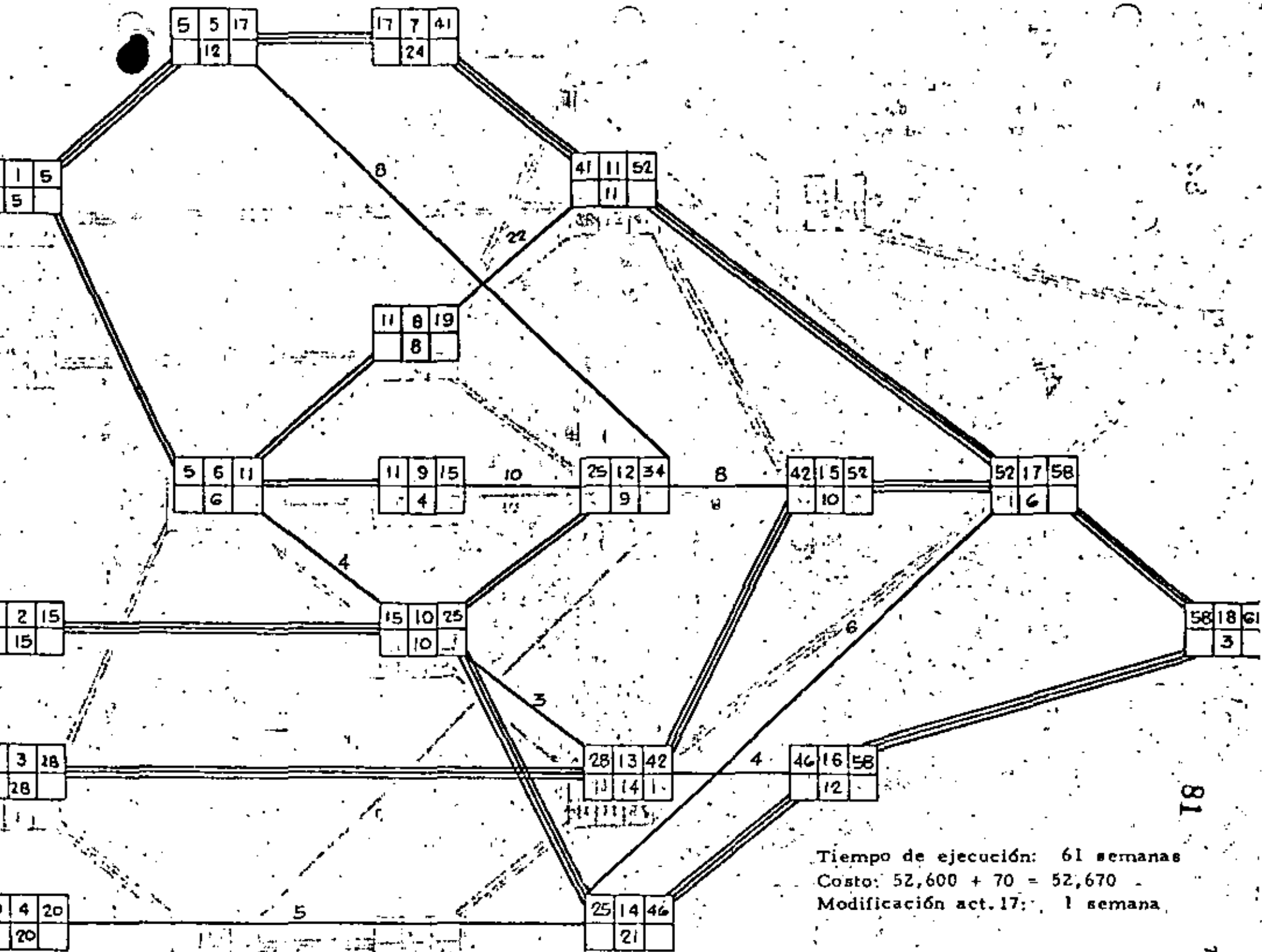
Tiempo de ejecución: 64 semanas
 Costo: 52,500



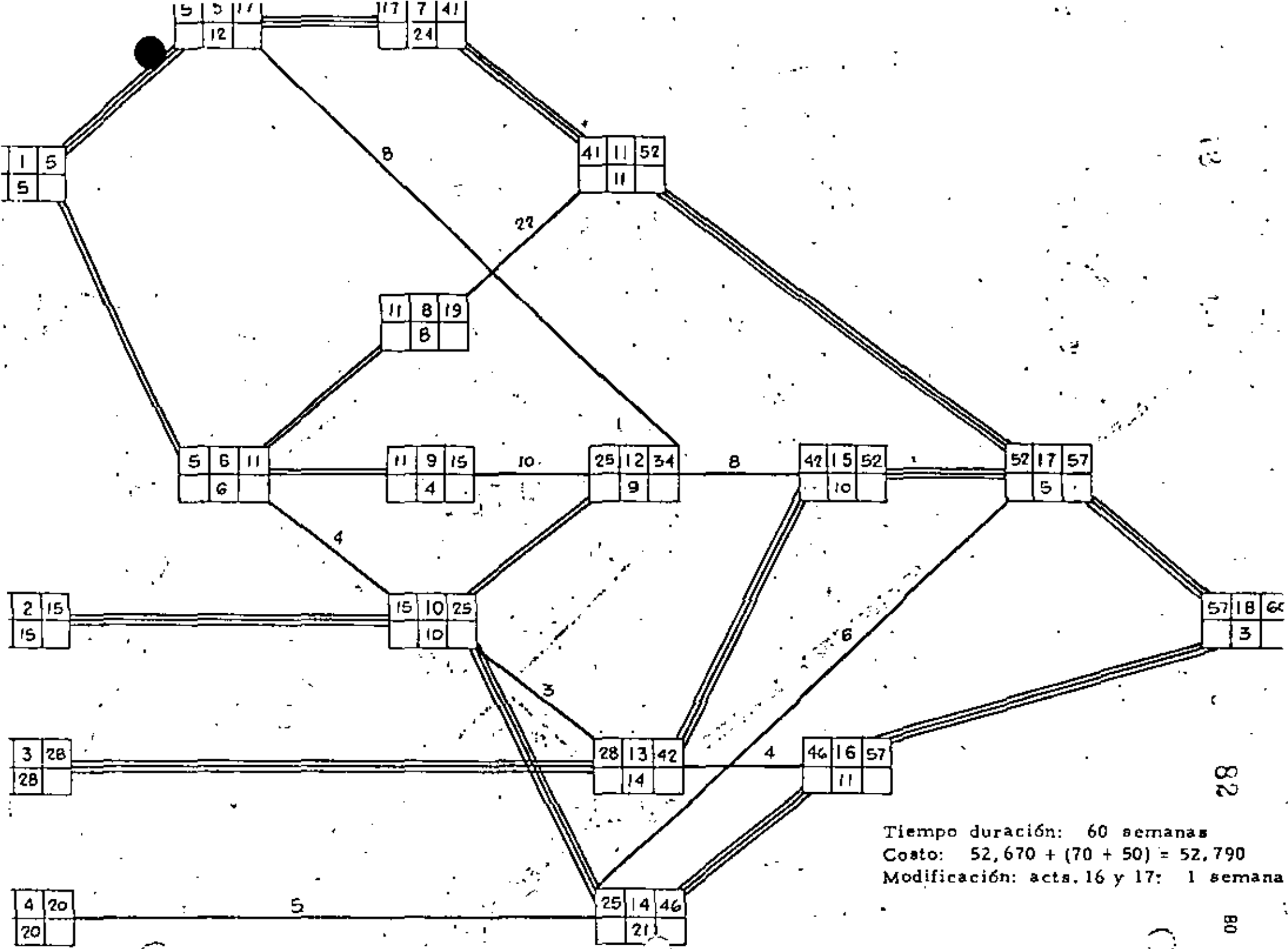
Tiempo de ejecución: 62 semanas
 Costo: 52,500 + 2 x \$50 = 52,600
 Modificación: act.3: 2 semanas

80

78



Tiempo de ejecución: 61 semanas
 Costo: 52,600 + 70 = 52,670
 Modificación act.17: 1 semana

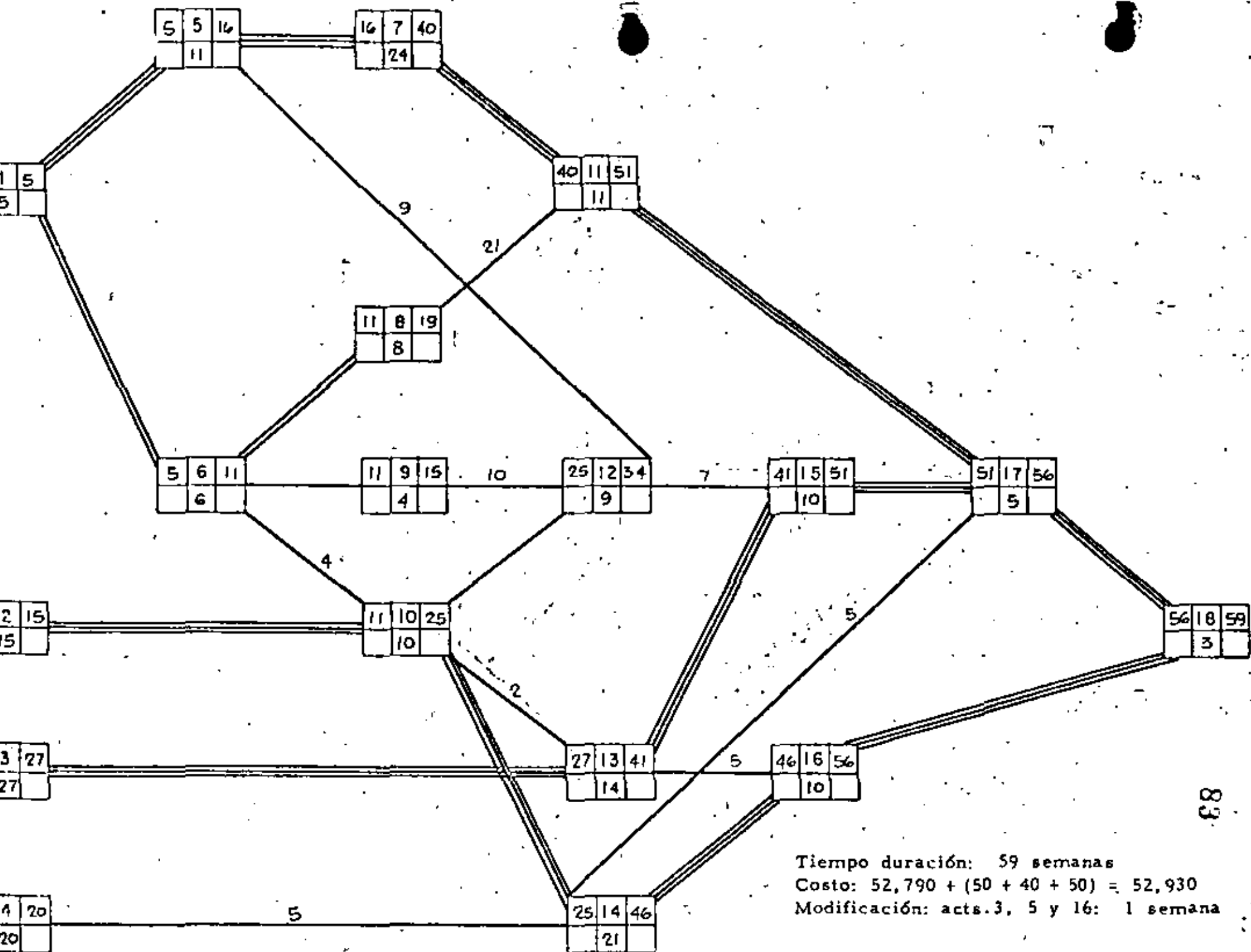


Tiempo duración: 60 semanas
 Costo: $52,670 + (70 + 50) = 52,790$
 Modificación: acts. 16 y 17: 1 semana

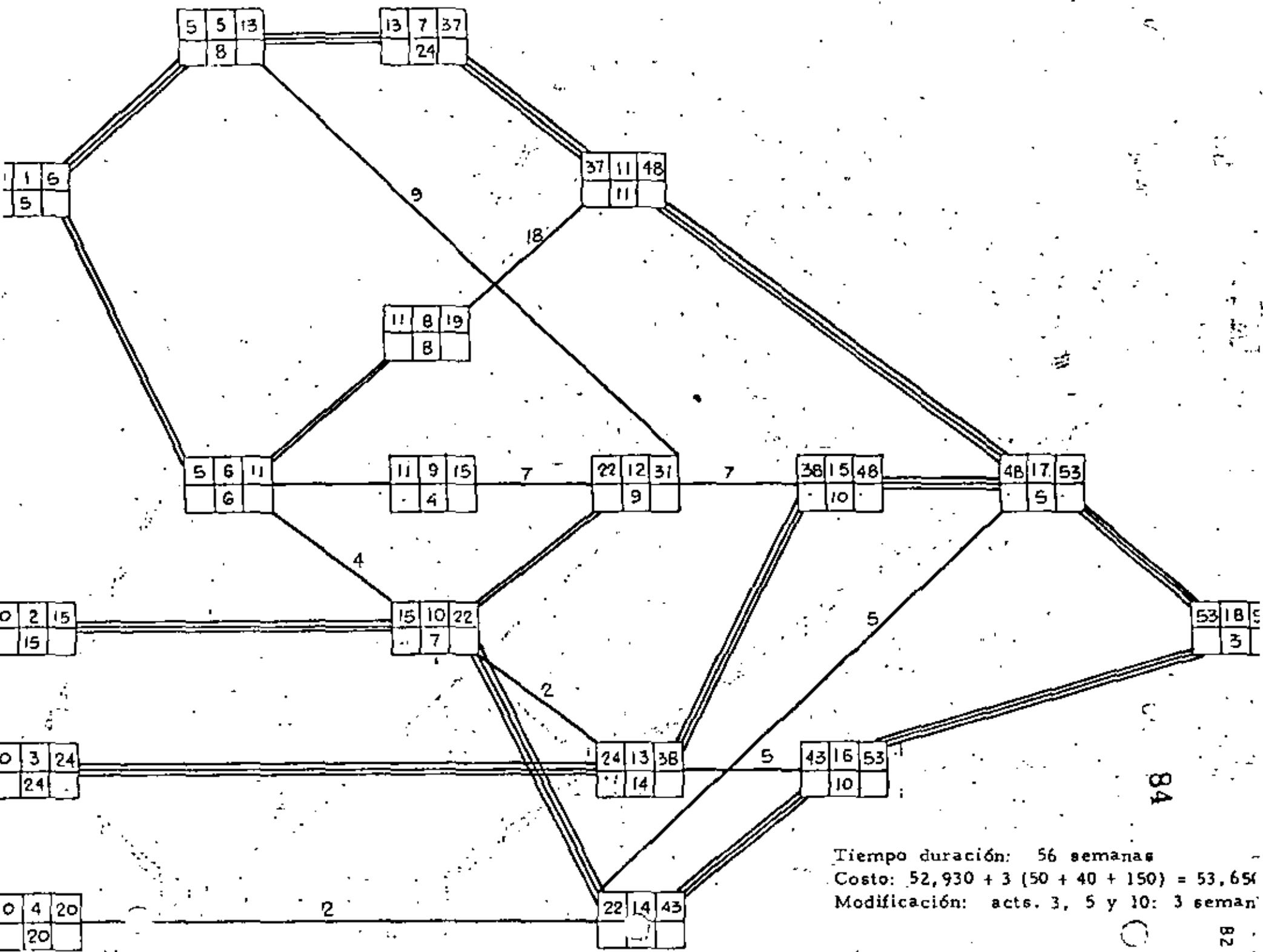
13

82

80

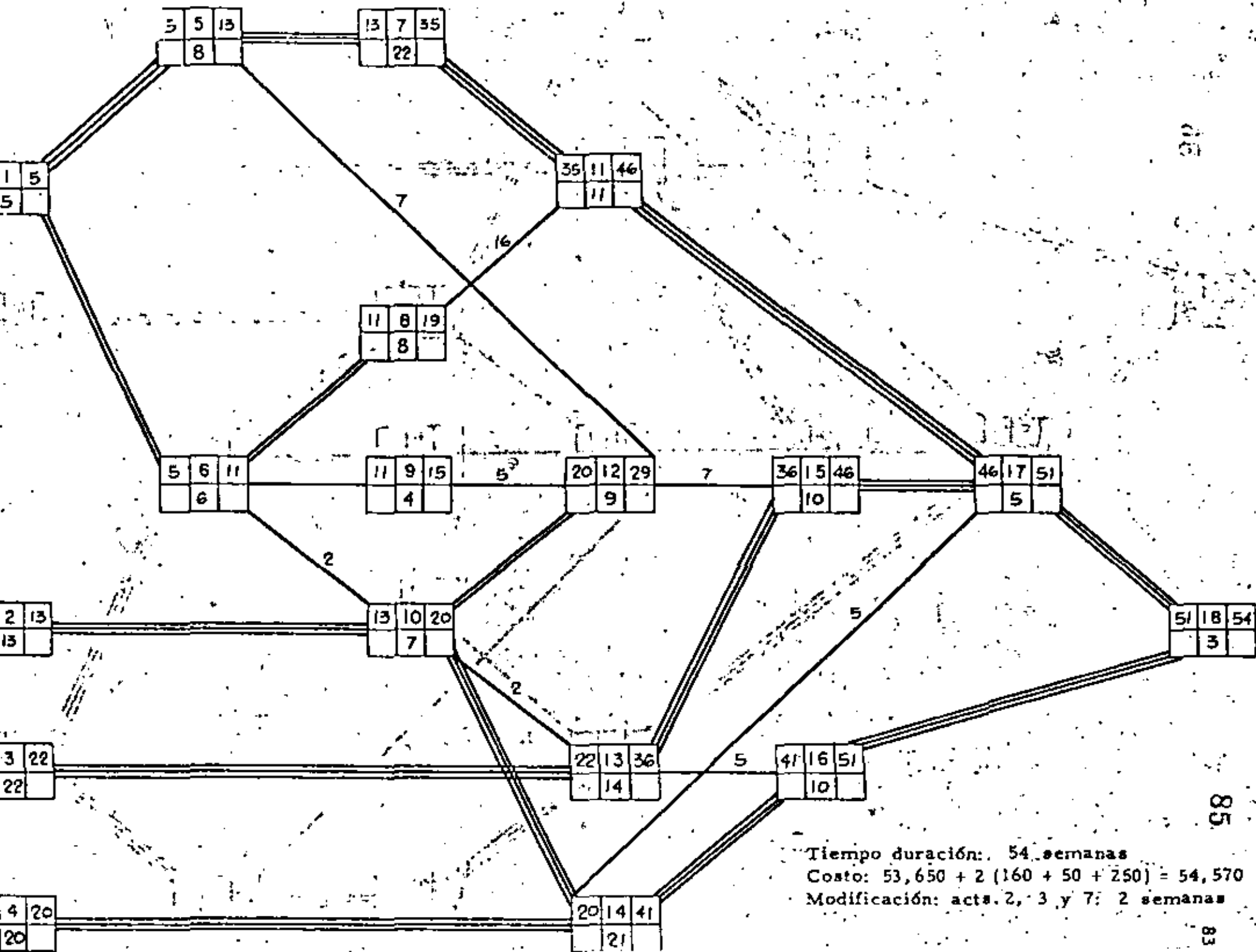


Tiempo duración: 59 semanas
 Costo: $52,790 + (50 + 40 + 50) = 52,930$
 Modificación: acts. 3, 5 y 16: 1 semana

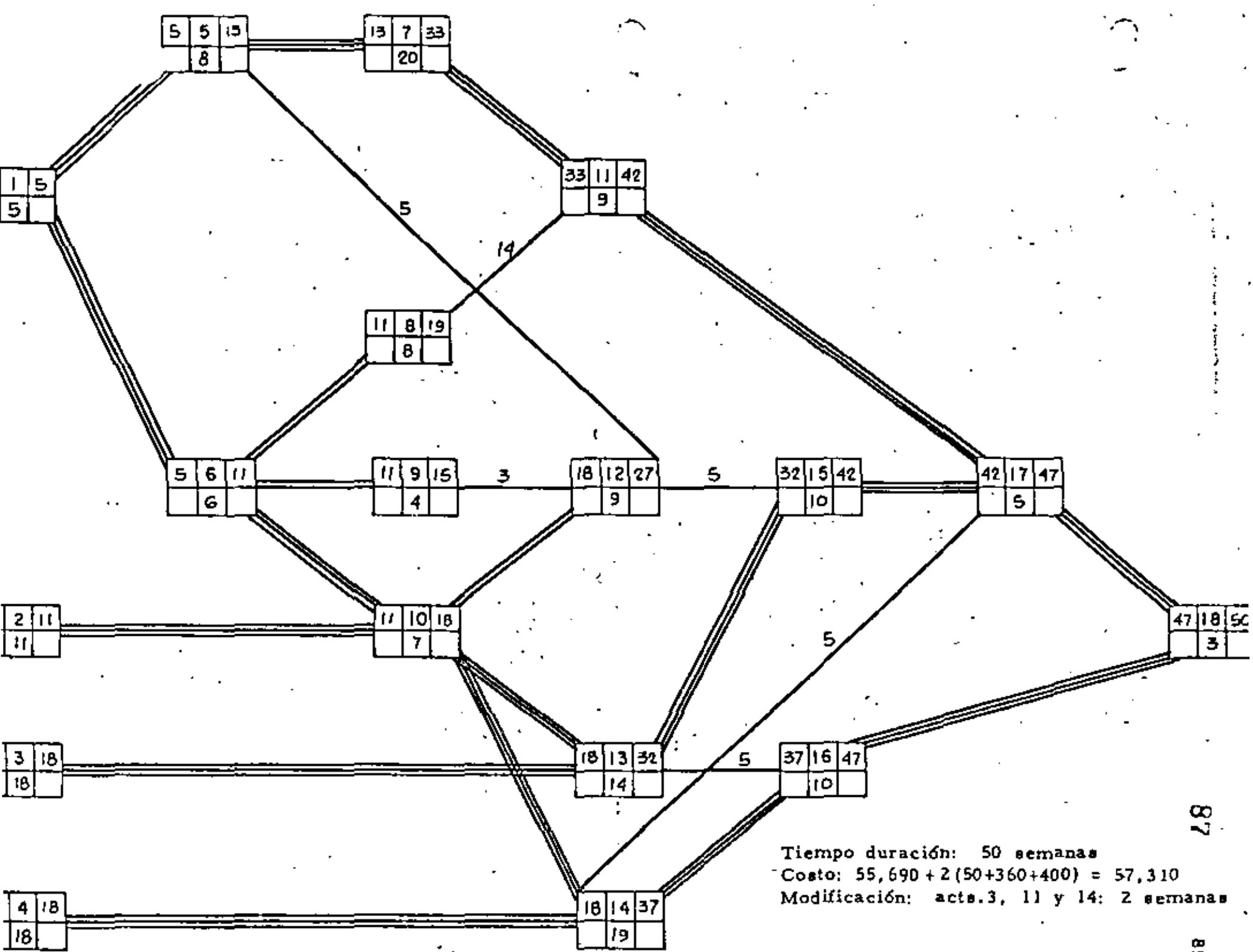


Tiempo duración: 56 semanas
 Costo: 52,930 + 3 (50 + 40 + 150) = 53,650
 Modificación: acts. 3, 5 y 10: 3 semanas

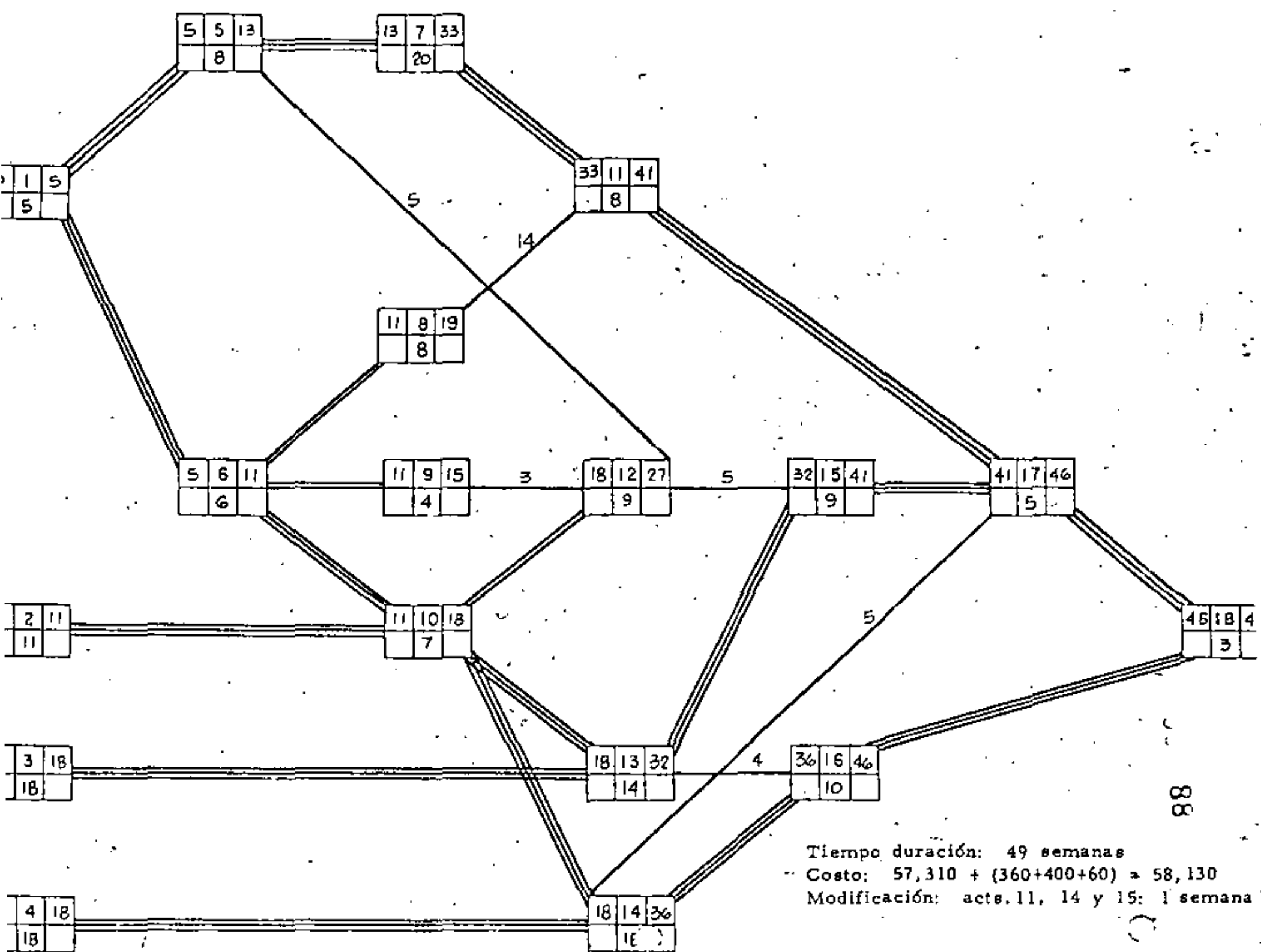
84



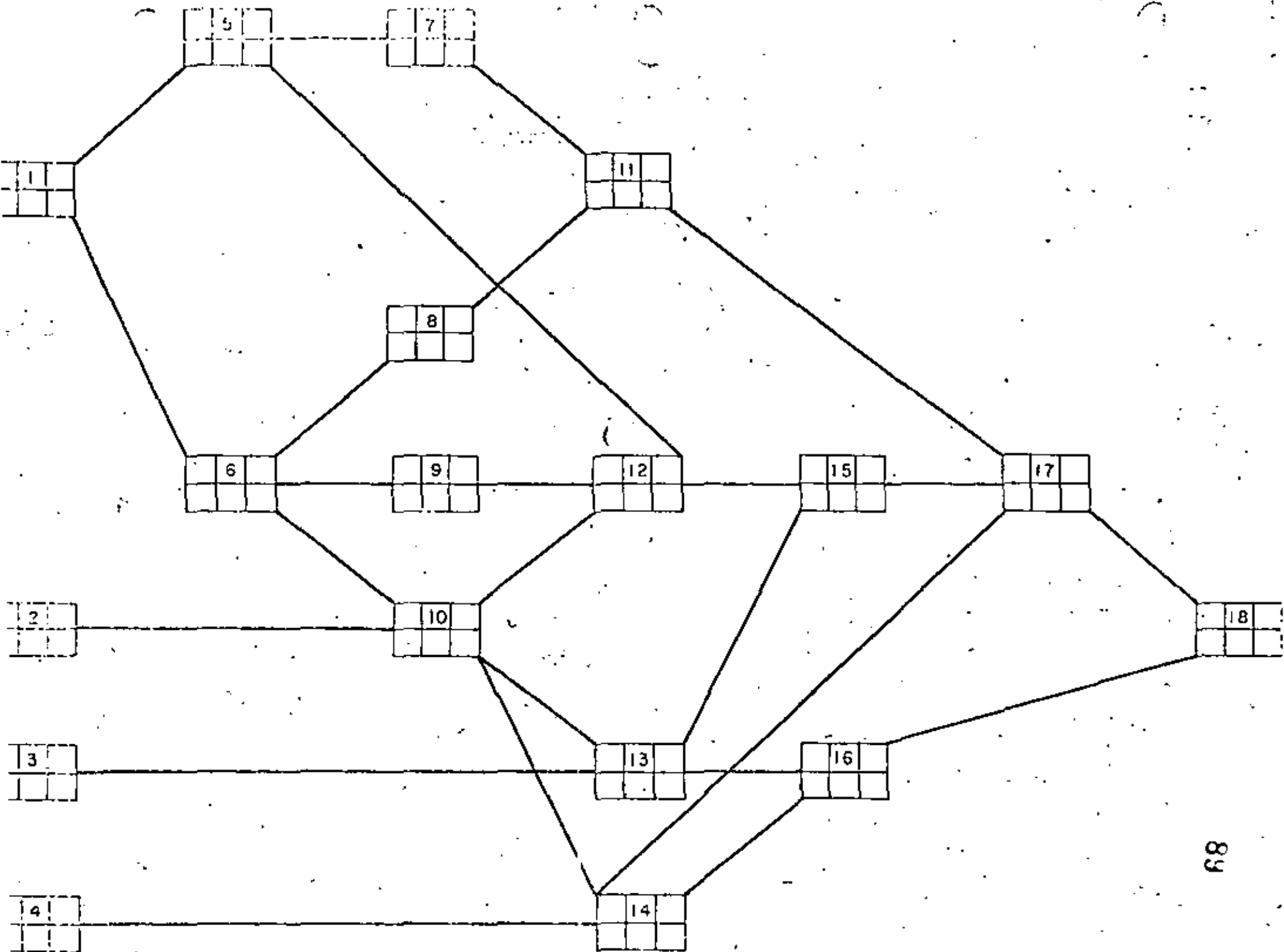
Tiempo duración: 54 semanas
 Costo: 53,650 + 2 (160 + 50 + 250) = 54,570
 Modificación: acts. 2, 3 y 7: 2 semanas

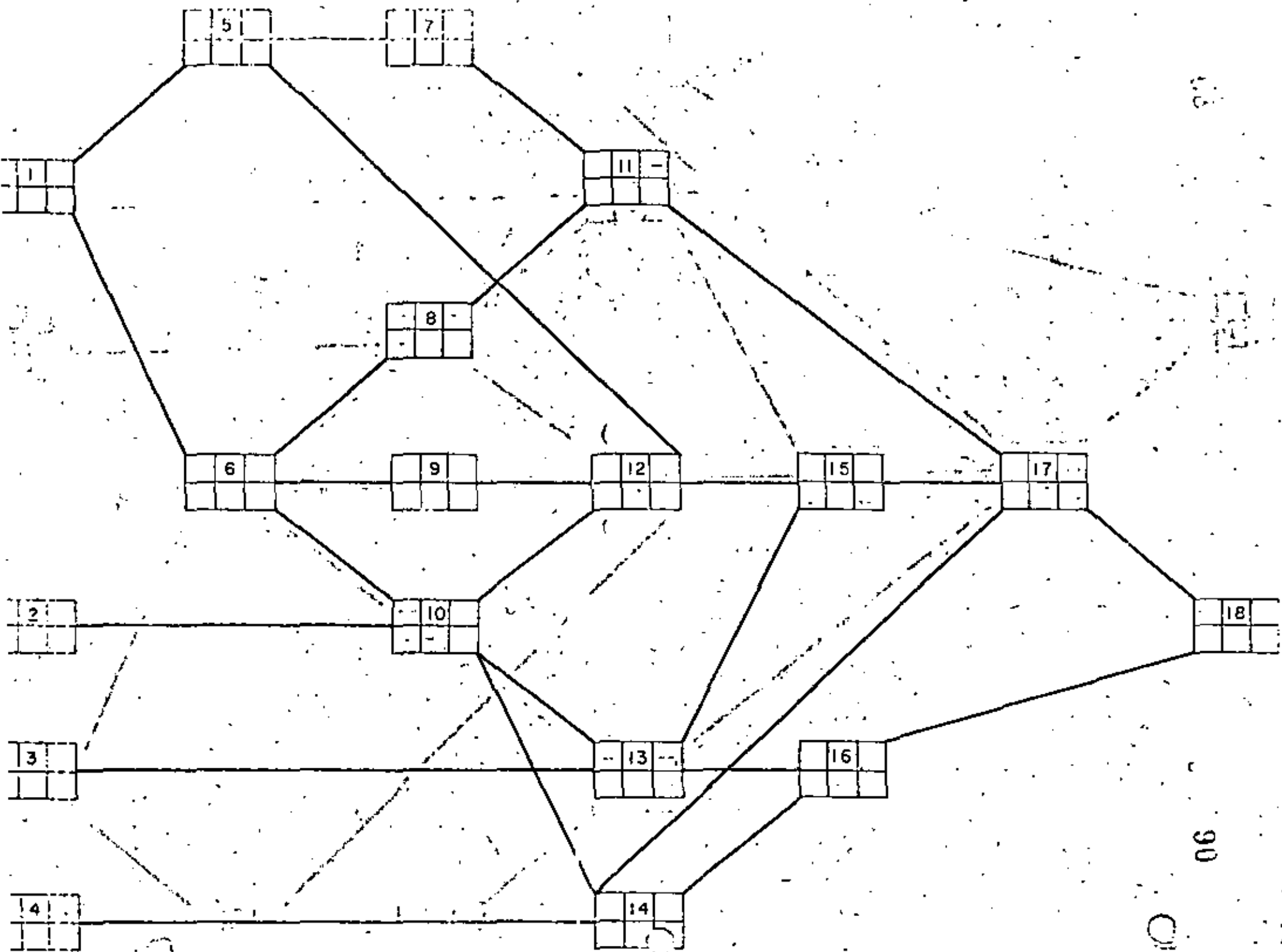


Tiempo duración: 50 semanas
 Costo: $55,690 + 2(50+360+400) = 57,310$
 Modificación: acts. 3, 11 y 14: 2 semanas



Tiempo duración: 49 semanas
 Costo: $57,310 + (360+400+60) = 58,130$
 Modificación: acts. 11, 14 y 15: 1 semana





BIBLIOGRAFIA

1. Parker W. Henry, Oglesby H. Clarkson, Methods improvement for construction managers Mc Graw-Hill B.C. 1972
2. Parker W. Henry, Methods improvement techniques for construction and public works managers. Stanford University Department of Civil Engineering. Technical report N. 51. 1965
3. Nave J. Henry. Construction personnel management. Journal of the Construction Division ASCE. Jan-1968
4. Mc Nally E Harold. Labor productivity in the construction industry. Journal of the Construction Division ASCE. Sep-67
5. Schader R. Charles. Motivation of construction craftsmen. Journal of the Construction Division ASCE. Sep-72
6. Reynaud B.C. The site as the workshop of the industry. Building technology and Management. Dec-71
7. Gilham M. John. A contractor's view of factors affecting site productivity. Building Technology and Management. April-1972
8. Sprinkle B. Howard. Analysis of time-lapse construction films. Journal of Construction Division ASCE. Sep-72
9. Fondahl W. John. Photographic analysis for construction operations. Journal of the Construction Division ASCE. May-60
10. Sakuma Akiyuki. Video time study. Industrial engineering. Feb-73
11. Halpin W. Daniel, R. W. Woodhead. Design of construction and process operation. J. Wiley and Sons, 1976



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS

**RELACION DEL SUPERVISOR CON LOS COSTOS
DE UN PROYECTO**

LA PROGRAMACION DE OBRAS EN EL INFONAVIT

PROF. ARO. FCO: SAN MIGUEL AGUILAR

ENERO DE 1931.

LA PROGRAMACION DE OBRA EN EL INFONAVIT

- 1) NECESIDAD DE LA PROGRAMACION DE OBRAS EN EL INFONAVIT
- 2) PROGRAMACION SERIAL
- 3) REQUISITOS PARA LA ELABORACION DE UN PROGRAMA DE OBRA
- 4) CRITERIOS PARA LA REVISION DE PROGRAMAS
- 5) NORMAS PARA LA PRESENTACION DE PROGRAMAS DE OBRA AL INFONAVIT
- 6) CONTROL DE PROGRAMAS

ENERO, 1981

NECESIDAD DE LA PROGRAMACION DE OBRAS EN EL INFONAVIT

Financiamiento a la promoción de vivienda

Haciendo un poco de historia podemos decir que cuando nació el organismo la oferta de vivienda a precios bajos no era suficiente ni de la calidad que exigía el enfoque habitacional y urbano del INFONAVIT, fue preciso que se echara a andar el programa de financiamiento a la construcción, en tanto reaccionaba el mercado y generaba promociones de vivienda adecuada, fue así como nació el programa de promoción directa de vivienda; iniciándose, el 15 de agosto de 1972 un plan de acción inmediata en las ciudades de Tijuana, - Oaxaca, Villahermosa, Ciudad Juárez, Querétaro, Guadalajara, Monterrey y el Distrito Federal que contemplaba la construcción de 9,000 viviendas.

Posteriormente, en cuanto se obtuvo la información que permitió hacer estimaciones confiables sobre los recursos a disponer y sobre los costos reales de la construcción, los programas del INFONAVIT crecieron tan rápido, como los recursos reales de inversión para financiamiento de vivienda se ampliaron.

En un principio la promoción directa se otorgó mediante órdenes de trabajo en las cuales se fijaba un monto total de obra a realizar, ordenándosele desde luego a la contratista se susiera en contacto con la delegación regional correspondiente, para tramitar su anticipo, e iniciar de inmediato la obra con los datos técnicos que - hasta el momento hubiere. En esta época se encontraban en proceso de implementación, por parte del INFONAVIT, los elementos necesarios para poder integrar los anexos técnicos, tales como precios unitarios, proyectos completos y especificaciones.

Posteriormente en una segunda etapa que abarcó los años de 1973 y 1974 se le dió forma jurídica a los contratos de financiamiento - de obra, estipiulándose en forma empírica un tiempo "x" para la duración de los trabajos.

Más adelante, algunas delegaciones vieron la necesidad de controlar mejor las obras y empezaron a solicitar un programa de barras, como anexo técnico, sin embargo, persistía la costumbre de fijar la duración a priori sin realizar ningún análisis técnico.

Al darse cuenta que esto tampoco funcionaba por ser muy diferente la realidad del desarrollo de las obras con respecto al programa, se empezaron a utilizar métodos técnicos tales como la ruta crítica y la programación serial, lográndose obtener un comportamiento exitoso, pero limitado dado que estos intentos se llevaron a cabo en forma aislada y solamente en algunas delegaciones.

Fue hasta finales de 1978, al crearse la oficina de programación y control de avance de obra en el departamento de Construcción, - que se dió el primer paso de institucionalizar la programación de la obra financiada por el Instituto. Esta intención se consolidó con la elaboración del "Manual de Normas del INFONAVIT para programación de Obras", que contiene los principios de la programación y las normas y especificaciones que exige el Instituto para la presentación de los programas.

Si consideramos el volumen y la complejidad de las obras que el Infonavit financia, es de gran importancia establecer sistemas que permitan su construcción en tiempo óptimo. Siendo el programa de obra el instrumento que reúne las características de coordinar y planear la utilización de los recursos.

Además el programa de obra nos permite conocer:

1. Los tiempos reales de ejecución de las obras.
2. Los recursos de fuerza de trabajo y materiales necesarios.

3. El proceso constructivo con más precisión.
4. La vigilancia del comportamiento de las obras
5. Los paquetes y porcentajes adecuados para las estimaciones
6. El flujo de la inversión
7. El control comparativo de avances
8. Los porcentajes reales para la información periódica de avances de obra
9. Los cortes de obra para determinar con justicia el pago de incrementos.
10. La factibilidad de terminación en los tiempos previstos

De lo anterior se deduce la importancia que reviste para asegurar la producción anual de vivienda, el contar con programas que permitan el seguimiento y control durante el desarrollo de las obras, que nos permita conocer la información necesaria para tomar las medidas correctivas que amerite y lograr las metas fijadas.

Dentro del tren de producción, para la asignación de recursos para el financiamiento de la vivienda, con una antelación de un año, se realiza su distribución por localidades para que posteriormente, dentro del sistema que actualmente opera en el INFONAVIT de paquetes de promoción, se reciban en fechas pre-establecidas para su revisión de acuerdo a los lineamientos que fija el instructivo para la presentación, integración y trámite de las mismas.

Una vez revisada su viabilidad se presentan a la consideración del Consejo de Administración del INFONAVIT; en caso de ser aprobada, el siguiente paso, es la integración del paquete ejecutivo completo. En lo que se refiere a programación se encuentra especificado en el instructivo en forma muy clara, que el promotor y/o contratista deberán presentar los programas de obra conforme a las normas que el INFONAVIT establece en el Manual para Programación de Obra; de esta manera queda comprendido que desde la presentación del paquete ejecutivo de la promoción se encuentra reglamentada la entrega y el contenido de los programas de obra.

A partir de que el Consejo de Administración aprueba la promoción, se cuenta con un plazo de 120 días naturales para iniciar la obra, dentro de ese lapso debe presentarse a la Comisión Interna de Adjudicación de contratos las propuestas de los contratistas que se pretende realicen la obra, y también integrar el paquete completo de anexos técnicos para formalizar la contratación, gestionar el anticipo e iniciar la obra.

Dentro del paquete de anexos técnicos figura en forma muy importante los programas de obra; de estos se obtienen las fechas de inicio y terminación derivándose de ellas el compromiso de producción anual de vivienda y determinándose la proyección del flujo de caja mensual.

Para poder encuadrar la producción de vivienda dentro de ciertos parámetros de tiempo y de acuerdo a la experiencia obtenida en la obra financiada por el Instituto en años anteriores, se vio la conveniencia de fijar tiempos máximos permisibles para la ejecución de obra determinando su duración, en relación al número de viviendas por contrato.

Estos tiempos se encuentran reglamentados en el manual de normas de acuerdo a la siguiente tabla:

ANEXO 1

TIEMPOS MAXIMOS PERMISIBLES PARA
EJECUCION DE OBRA INFONAVIT.

NÚM. DE VIVIENDAS POR CONTRATO	OBRA VIVIENDA Y URBANIZACION SIMULTANEAS (SEMANAS)	OBRA UNICAMENTE VIVIENDA. (SEMANAS)
DE 1 a 25	30	26
DE 26 a 50	33	29
DE 51 a 75	35	31
DE 76 a 100	37	33
DE 100 a 125	39	35
DE 126 a 175	40	36
DE 176 a 225	41	37
DE 226 a 275	42	38
DE 276 en adelante	43	39

PROGRAMACION SERIAL

La programación de obra para conjuntos habitacionales se basa también en la teoría de la ruta crítica.

La programación de conjuntos habitacionales a diferencia de la programación para unidades aisladas, considera la repetición secuencial de redes en un cierto número o grupo de casas.

Desarrollar una red cubriendo todas las actividades en cada una de las casas y sus interrelaciones podría ser muy complicado e inútil.

En un sistema de programación serial, en el caso de la industria, los componentes de un producto corren a través de una línea de producción, mientras que la mano de obra y equipo permanece en una misma posición para cada etapa o proceso hasta la obtención del producto terminado.

El método de Programación Serial en el caso de construcción de unidades habitacionales considera que el producto (casa) permanece inmóvil mientras que la mano de obra o equipo se mueve a través de la línea de producción, de una casa a la siguiente (de un grupo de casas al siguiente grupo de casas).

Por ejemplo, la mano de obra de cimentación para el primer grupo de casas, se moverá al siguiente grupo de casas a trabajar en cimentación hasta que termine con este proceso en todos los grupos de casas del conjunto.

De esta forma, la mano de obra que trabaja en una sola etapa o proceso con cierta productividad, irá incrementando dicha productividad al moverse y repetir la misma etapa.

Para desarrollar el programa serial de un conjunto habitacional se utilizará el siguiente procedimiento:

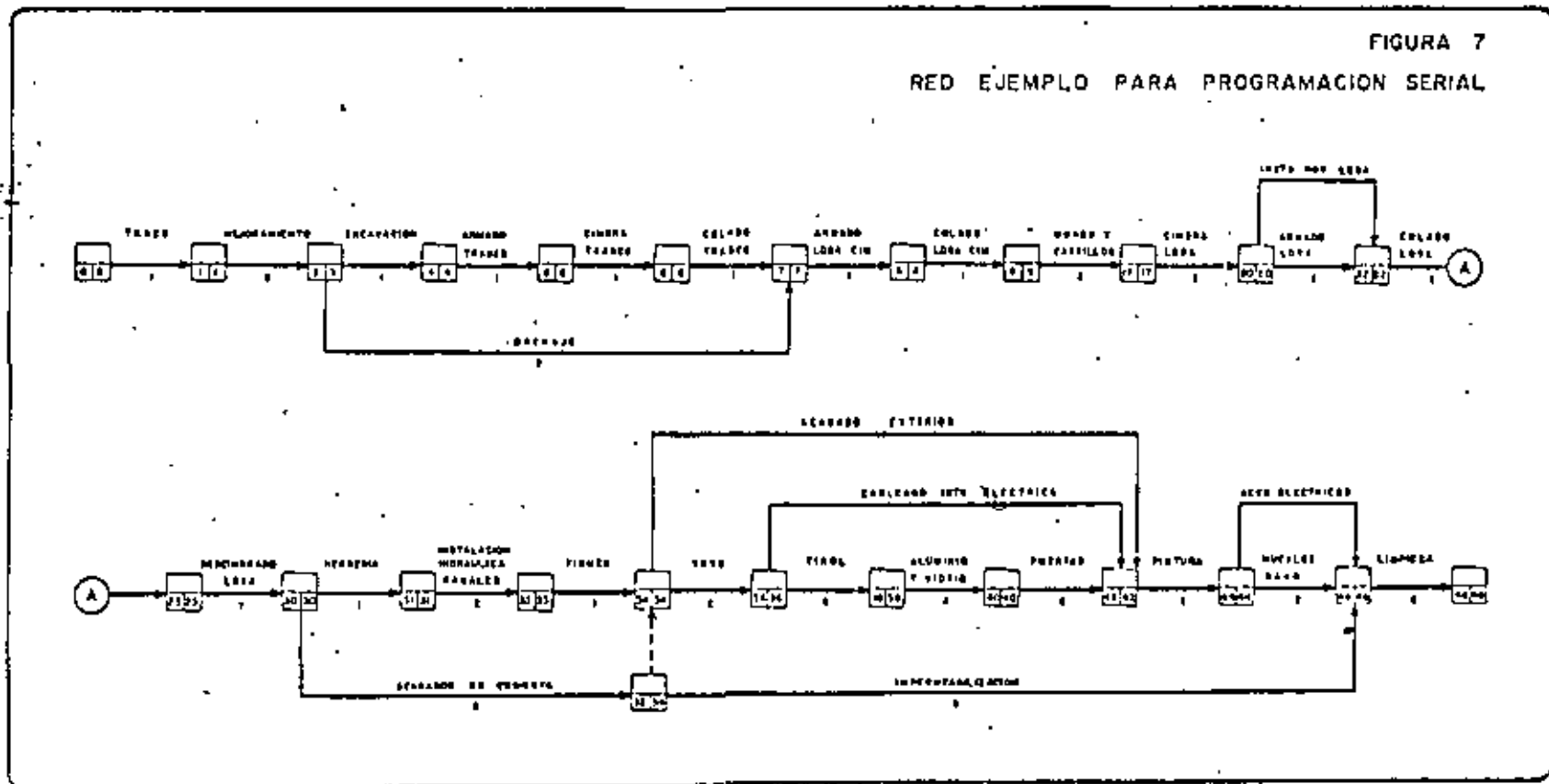
1. Desarrollar y calcular una red de ruta crítica por cada tipo de casa.
2. Dividir cada red en etapas semanales.
3. Formar grupos de casas de acuerdo a los recursos disponibles y al número de las mismas que van a construirse.
4. Desarrollar el programa del conjunto.

Con objeto de ejemplificar el procedimiento, nos basaremos en la red de construcción de una casa (figura 7).

Para dividir la red en etapas de construcción tomaremos como base las iniciaciones y terminaciones tempranas de cada una de las actividades.

FIGURA 7.

RED EJEMPLO PARA PROGRAMACION SERIAL



10.

Considerando que la duración de cada etapa es de 6 días hábiles (1 semana), dividiremos la red de la siguiente manera:

ETAPA 1 (0-6)

Traza
Mejoramiento
Excavación
Armado de trabes
Cimbra de trabes
Drenaje

ETAPA 2 (7-12)

Colado de trabes
Armado de la losa de cimentación
Colado de la losa de cimentación
Muros y castillos 40%

ETAPA 3 (13-18)

Muros y castillos 100%

ETAPA 4 (19-24)

Cimbra de losa
Armado de losa
Instalaciones por losa
Colado de losa

ETAPA 5 (25-30)

Descimbrado de losa

ETAPA 6 (31-36)

Herrería
Instalación hidráulica, ramales
Firmes
Acabados en cubierta
Yeso
Acabado exterior

ETAPA 7 (37-42)

Tirol
Aluminio y vidrio
Puertas
Cableado de instalación eléctrica impermeabilización.

ETAPA 8 (43-48)

Pintura
Muebles de baño
Accesorios eléctricos
Limpieza

De esta división se desprende que se ha ajustado la asignación de actividades a etapas, de tal forma que en cada una de ellas quedan actividades completas. En las de duración corta como es el caso de la cimbra de losa, la cual teóricamente debiera quedar 33 % en la etapa 3 y 67% en la etapa 4, se le asignó un 100% a la etapa 4.

En las actividades con duración larga como es el caso de muros y castillos, se ha repartido 40% en la etapa 2 y 60% en la etapa 3.

Es decir, se deberá aplicar criterio para lograr que la mayor parte de las actividades queden en un 100% en las etapas. Así mismo, las actividades con holgura podrían moverse dentro de esta hacia una etapa u otra, lo que permitirá un mejor balance de los recursos a utilizar.

De esta forma se ha cumplido con el punto 2 del procedimiento para desarrollar el programa serial.

Para cumplir con el punto 3, que se refiere a la formación de grupos de casas, de acuerdo a los recursos disponibles y al número de éstas que van a construirse, haremos el razonamiento siguiente:

Generalmente, el recurso más crítico dentro de la construcción de vivienda es la cimbra, debido al número de usos que se le deben dar con objeto de amortizar su costo, de ser posible, en una sola obra. De este razonamiento se desprende que la formación de grupos debe estar acorde con el número de usos que se dará a la cimbra.

$$\text{Esto es } \frac{\text{Número de casas}}{\text{Número de usos de cimbra}} = \text{Número de casas por grupo}$$

FIGURA 8

PROGRAMA DEL CONJUNTO

Gpo. \ Sem.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8														
2			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8												
3					E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8										
4							E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8								
5									E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8						
6										E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8					
7												E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8			
8															E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8



Utilización de cimbra (12 juegos)

De este desarrollo obtenemos un programa del conjunto con duración de 22 semanas (figura 8).

Se puede observar que el desfaseamiento al que nos vimos forzados por el uso de las cimbras, no permite la utilización continua de la mano de obra debido a que no todas las especialidades de mano de obra tienen actividades bisemanales.

Esto nos obliga a subdividir cada grupo en 2 para obtener 16 grupos de 6 casas a los que daremos un desfaseamiento de 1 semana como se muestra en la figura 9.

De este nuevo desarrollo para la construcción del conjunto, obtenemos una duración de 23 semanas, este planteamiento debe acercarse a lo óptimo en duración y utilización de recursos.

FIGURA 9

PROGRAMA DEL CONJUNTO

Op.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8															
2		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8														
3			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8													
4				E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8												
5					E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8											
6						E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8										
7							E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8									
8								E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8								
9									E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8							
10										E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8						
11											E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8					
12												E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8				
13													E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8			
14														E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8		
15															E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
16																E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8

Utilización de cimbra (1 por grupo)
 Utilización de cimbra (2 por grupo)

PROGRAMAS DE RECURSOS

El proceso constructivo marca la secuencia de las actividades que se incluyen en una red. La duración de cada actividad y - del proyecto es determinada por los recursos que sean asignados para ejecutar el volumen de obra correspondiente a cada actividad.

$$\text{Tiempo de actividad} = \frac{\text{Volumen a realizar}}{\text{Rendimiento del recurso considerado}}$$

O sea que la asignación de recursos es simultánea al cálculo de tiempos de una red.

Es por esto que para obtener un programa de recursos factibles de lograrse, es necesario la asignación coherente de tiempos a las diversas actividades, es decir, se deberá tener amplio conocimiento de los volúmenes de obra de cada actividad, así como de las actividades simultáneas a ella, antes de asignar los tiempos de ejecución de las mismas.

Procedimiento para Obtener el Programa de Recursos

Con objeto de ejemplificar el procedimiento para obtener el programa de recursos, utilizaremos el ejemplo manejado en el capítulo de Programación Serial. Haremos referencia exclusivamente a la división de la red en etapas de construcción que nos permitirá calcular directamente los recursos por semana, ya que cada etapa, como se ha explicado, corresponde a una semana.

Tenemos como ejemplo la Etapa 3 (muros y castillos de 40 a 1000). El primer paso será identificar los conceptos que intervienen en cada una de las actividades de la etapa. Para este caso serán los conceptos relacionados con muros y castillos y que deberán incluir la preparación, acarreo y fabricación de los materiales a utilizar, así como el proceso de ejecución de la acti-

16

vidad considerada. De la experiencia, o si nos referimos directamente a los análisis de precios unitarios por unidad de obra terminada, de los conceptos que intervienen en la actividad y que ya consideraran todos los insumos (mano de obra, materiales y equipo) con cantidades y rendimientos, hacemos el siguiente razonamiento:

Del presupuesto de la obra obtenemos la relación siguiente

C o n c e p t o	Cantidad total	Cantidad para la etapa (60%)
Muro de 12 cms. de block hueco 12x12x36 cms. acabado aparente	79.14 m2.	47.48 m2.
Castillos ahogados con - 1 ø 2.5	72.00 m2.	43.20 m2.
Escalerilla No. 10	153.00 m	91.80 m

De estos conceptos obtenemos los recursos básicos siguientes:

I n s u m o	Cantidad Unitaria	Cantidad Total
Block hueco	24 pzas.	1,140 pzas.
Cemento en muro	6.6 Kg.	313.37 Kg.
Arena en muro	0.023 m3.	1.09 m3.
Oficial en muro	0.083 jornal	3.94 jornal
Peón en muro	0.083 jornal	3.94 jornal
Cemento en castillo	3.80 kg.	164.16 Kg.
Arena en castillo	0.012 m3.	0.52 m3.
Grava en castillo	0.0075 m3.	0.32 m3.
Acero No. 2.5 en castillo	0.410 kg.	17.71 kg.
Oficial en castillo	0.033 jornal	1.43 jornal
Peón en castillo	0.033 jornal	1.43 jornal
Escalerilla	1.100 m.	100.98 m.

Resumiendo:

Block hueco	1,140 Pzas.
Cemento	477.53 Kg.
Árrea	1.61 m ³ .
Grava	0.32 m ³ .
Acero No. 2.5	17.71 Kg.
Escalerilla	100.98 m.
Oficial	5.37 jornal
Peón	5.37 jornal

En la mano de obra tendremos 5.37 jornales de oficial y de peón utilizados en la etapa con duración de una semana, lo que nos da un jornal promedio diario de $5.37 \div 6 = 0.895$. Un jornal promedio diario de oficial y de peón, o sea una pareja para la etapa.

De igual manera se procede en el cálculo de los principales recursos de cada etapa. Una vez obtenidos los recursos por etapa, se harán las sumas semanales para cada uno de los insumos controlados en nuestro programa de conjunto, multiplicando la cantidad de cada insumo de la etapa 12 por el número de casas consideradas en el grupo. A estas cantidades se suman las cantidades obtenidas por el mismo procedimiento para las demás etapas que se ejecuten simultáneamente en la misma semana.

REQUISITOS PARA LA ELABORACION DE UN PROGRAMA DE OBRA

Recordemos que hacer un programa es formular un plan de trabajo que expresará lo que se piensa realizar para transformar una idea expresada por dibujos y condiciones en algo material equivalente.

Para programar bien se requiere una información adecuada y el empleo de la lógica matemática para resolver los problemas.

Para concebir el programa necesitamos tener conocimiento de los siguientes puntos:

a) El proyecto

Tiene por objeto comprender perfectamente que es lo que se pretende fabricar, para que con una idea de ello, se manejen los recursos a nuestro alcance para ejecutar la obra.

b) Los recursos en el sitio de la obra

Es la valorización apropiada de los recursos que puedan existir en la zona donde se construirá la obra y los problemas que puedan presentarse en su empleo.

c) Los recursos propios del constructor

Es el conocimiento de los recursos que la empresa está en posibilidad de dedicar a la realización de la obra en estudio.

d) Los recursos ajenos asequibles al constructor

Son aquellos que se puedan obtener fuera de la empresa para completar los recursos propios, de tal forma que se cumpla con el proceso constructivo indicado.

Con esta información se fija claramente la meta y se está en posibilidad de determinar lo que nos hace falta para llegar a ella.

19

La premisa que resume toda la esencia de la programación de obras dice así "Programar es construir en el papel"

Si en el papel vamos esbozando, paso a paso el desarrollo de la obra como si se estuviese realizando la construcción, nos iremos tropezando, al hacerlo, con los principales problemas reales que tendremos al construir. Al pensar en la solución-^{que} tendremos que darle a cada uno de estos problemas, iremos preparando lo necesario, primero en el papel y más adelante en la realidad, con lo que se obtienen los recursos necesarios para el desarrollo de la obra.

Conocido el proyecto, el sitio de la obra y los recursos asignables a la empresa, es necesario preparar la información básica de costos de los recursos, de tal forma que permita tomar decisiones basándose en el proceso más económico.

Sin embargo, no debe olvidarse que el Proceso de Programación es iterativo, acercándose a la solución óptima por aproximaciones sucesivas.

CRITERIOS PARA LA REVISION DE PROGRAMAS

Partiendo de la premisa que el supervisor de obra del INFOD. VII no es la persona que va a elaborar el programa, pero que si es responsable de revisarlo, corregirlo y llevar su seguimiento, a continuación se dan algunos criterios con la intención de facilitarle este trabajo.

- 1.- El diagrama debe representar un proceso constructivo lógico y completo.
- 2.- Las actividades deben estar perfectamente diferenciadas en el diagrama, pudiendo distinguirse las independientes de las dependientes, los desfases y los ciclos repetitivos.
- 3.- Se deberán conocer las limitaciones de recursos que den origen a determinados agrupamientos.
- 4.- El nivel de detalle que deberá tener el programa para que quede bien estructurado, será aquél en que cada actividad establecida, solo se comience cuando todas las precedentes ligadas a ella estén totalmente terminadas y dicha actividad no tenga ya conexión con otra.
- 5.- Los recursos asignados a una actividad no pueden ser empleados en otra simultáneamente, solo estarán disponibles para otro uso hasta que se haya finalizado la actividad considerada.
- 6.- Otro requisito es que dos actividades no pueden ocupar el mismo lugar de trabajo al mismo tiempo.
- 7.- Deberán estar consideradas aquellas actividades que, no formando parte del proceso, afecten de alguna manera su secuencia o duración.

21

8.- Se deberá tener continuidad en la utilización de recursos humanos especializados, de tal manera que se garantice su permanencia en la obra.

NORMAS PARA LA PRESENTACION DE PROGRAMAS DE OBRA AL INFOARVIT

Con objeto de normar y unificar la elaboración y presentación de programas de obra al INFOARVIT, y considerando que estos forman parte de los contratos de construcción, se han establecido las Normas para la Presentación de Programas de Obra a la que deberán sujetarse los promotores y/o contratistas responsables de llevar a cabo la construcción de obra.

Estas Normas no pretenden abarcar todos los métodos o sistemas que pueden utilizarse en la elaboración de programas de obra, si no unificar su presentación y asegurar que contengan la información requerida por el Instituto.

Punto 1º Los promotores y/o contratistas presentarán los programas de obra a la jefatura de Proyectos y Construcción de la delegación correspondiente para su aprobación, debiendo obtener ésta antes de iniciar las obras, ya que constituyen un anexo indispensable del contrato.

Será responsabilidad de la jefatura de Proyectos y Construcción de la delegación, vigilar que los programas presentados se ajusten a las presentes Normas, quedando la función normativa de éstos a cargo del Departamento de Construcción.

Punto 2º. Si no se cuenta con el programa de obra, no se formalizará el contrato, ni se pagará anticipo.

Punto 3º. La presentación de programas de obra se sujetará a los lineamientos siguientes:

- a) Se elaborará un programa detallado de obra por cada prototipo que vaya a construirse. Estos programas deberán elaborarse por el método de la Ruta Crítica. (CPM)

- 3
- b) Para elaborar las redes de Ruta Critica se aceptarán, indistintamente, los métodos de actividades en las flechas o las actividades en los nodos.
 - c) Las redes de Ruta Critica representarán el proceso constructivo por medio de actividades simples que no incluyan varios procesos.
 - d) Con base en la Ruta Critica correspondiente se elaborará un programa por etapas para cada prototipo.

Cada etapa tendrá una duración de una semana e incluirá el conjunto de actividades o por ciento de ellas que de acuerdo a la Ruta Critica puedan ser ejecutadas en ese periodo. Deberá procurarse que la mayor parte de las actividades incluidas en un 100% en la etapa.

- e) Una vez elaborados los programas por etapas de los diferentes prototipos, se procederá a elaborar el programa del conjunto, con todos sus prototipos, estableciendo agrupamientos y desfases de acuerdo al movimiento de insumos críticos (cimbra, equipo, mano de obra).
- f) Del programa por etapas para cada prototipo se obtendrán los recursos por etapa, mismos que se vaciarán en el programa de conjunto, a fin de establecer los recursos semanales necesarios para llevar a cabo la obra.
- g) Los recursos que deberán desglosarse serán:

- . Mano de obra
- . Equipo
- . Cimbras
- . Aceros
- . Concretos
- . Cemento
- . Agregados
- . Materiales para muros
- . Azulejos
- . Acabamientos en pisos
- . Ventanería
- . Inversión

Punto 40. Los programas de urbanización e infraestructura podrán presentarse con base en la Ruta Crítica (CPM) y/o diagrama de Barras, incluyendo sus respectivos programas de mano de obra, equipo, materiales e inversión. Así mismo, estos programas deberán representar etapas semanales que incluyan el conjunto de actividades o el por ciento de ellas que puedan efectuarse en ese periodo.

Punto 50. Los tiempos máximos permisibles para ejecución de obra de edificación, de acuerdo al número de viviendas por contrato, se muestran en el anexo 1. Ningún programa de obra de edificación podrá exceder los tiempos máximos marcados en dicho anexo.

Punto 60. Los tiempos máximos permisibles para obra de urbanización e infraestructura serán los correspondientes al tiempo máximo permisible para la edificación del conjunto habitacional. En ningún caso tendrán una terminación posterior que exceda a la de la edificación.

Punto 70. Será facultad de la jefatura de Proyectos y Construcción de la delegación correspondiente, aprobar cualquier ajuste o cambio en los programas autorizados. Toda solicitud de ajuste o cambio deberá acompañarse de la actualización o reprogramación respectiva.

Punto 80. Para cualquier actualización o reprogramación no se podrá exceder el plazo fijado en la programación original.

Punto 90. Será facultad de la jefatura de Proyectos y Construcción exigir y sancionar las actualizaciones y/o reprogramaciones de los programas autorizados. El promotor y/o contratista las presentará en un plazo no mayor de una semana a partir de la fecha de notificación.

Punto 100. Será facultad de la jefatura de Proyectos y Construcción otorgar prórrogas a los programas autorizados.

25

Punto 11. Se otorgarán prórrogas exclusivamente por:

- a) Retrasos en la iniciación no imputables al contratista
- b) Modificaciones al proyecto ordenadas por el INFONAVIT, no imputables al promotor y/o contratistas y que afecten el avance de la obra.
- c) Causas de fuerza mayor, en cuyo caso la Delegación deberá justificar ampliamente la razón de la prórroga.

Punto 12. No se otorgarán prórrogas:

- a) Por retrasos ocasionados por dificultades con las autoridades municipales, estatales o federales, relacionados con el otorgamiento de permisos y licencias.
- b) Por modificaciones al proyecto ocasionadas por deficiencias u omisiones en el proyecto original presentado por el promotor.
- c) Por escasez de materiales o mano de obra.

Punto 13. Exclusivamente se pagarán incrementos por materiales o mano de obra de acuerdo al avance de obra programado según el Programa Original aprobado.

Punto 14. Para fines de estimación, las casas o edificios se han dividido en "Paquetes de Estimación", de acuerdo al número de niveles. Cada paquete tiene asignado un valor en porciento con relación al importe total del edificio o casa. Estos Paquetes de Estimación se muestran en el Anexo 2.

Estos valores servirán de base para calcular las estimaciones de obra cuando al inicio de las obras no se tenga autorizado el presupuesto de obra; en caso contrario, el promotor y/o contratista deberá valorar cada uno de los paquetes de acuerdo a los mismos alcances, debiendo los someter a la aprobación de la Jefatura de Proyectos y Construcción para que sirvan de base en el cálculo de estimaciones de obra.

Punto 15. Para efectos de estimaciones solo se pagarán paquetes completos, terminados íntegramente.

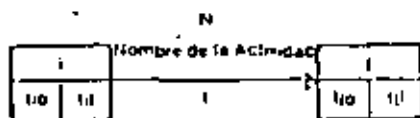
Punto 16. Los importes por incrementos de precios, obra complementaria, etc., deberán estimarse por separado.

Punto 17. Los avances de obra, en relación a la inversión, siempre serán calculadas de acuerdo al valor inicial de los Paquetes de Estimación.

Punto 18. La presentación de programas de obra deberán cumplir con los siguientes requisitos:

a) Las redes de Ruta Crítica por prototipo deberán presentarse en la forma PC-20, que se indica en el Anexo 3. En la elaboración de las redes se utilizará la siguiente simbología:

1) Actividades en las flechas.



N = Número de la actividad

t = Duración de la actividad

i = Número del evento i

j = Número del evento j

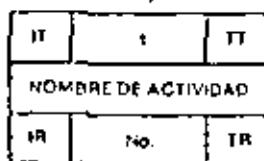
Tio = Tiempo primero de inicio del evento i

Tii = Tiempo último de inicio del evento i

Tjo = Tiempo primero de terminación del evento j

Tji = Tiempo último de terminación del evento j

2) Actividades en los Nodos



IT = Iniciación temprana de la actividad

IR = Iniciación remota de la actividad

IT = Terminación temprana de la actividad

TR = Terminación remota de la actividad

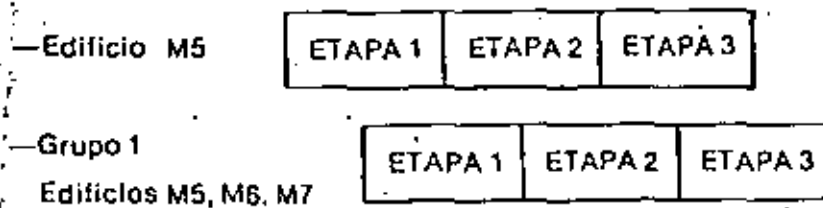
t = Duración de la actividad

No = Número de la actividad

b) Los programas del conjunto deberán presentarse en la forma PC-21, que se indica en el Anexo 4. Estos programas seguirán los lineamientos fijados en el Artículo 3; incisos d y e, presentando la red del conjunto cuyas actividades serán las etapas semanales de cada prototipo, y los agrupamientos y desfases que se establezcan.

Los agrupamientos estarán formados de acuerdo al número de edificios o casas que se ataquen simultáneamente.

c) De acuerdo al programa del conjunto se presentará un diagrama de barras en la forma PC-22, que se indica en el Anexo 5. Cada barra representará el edificio o casa, o grupo de edificios o casas, que se realicen simultáneamente, marcando las divisiones de cada una de las etapas que se establecieron, ejemplo:



d) En la forma PC-23, que se presenta en el Anexo 6, se indicarán los recursos necesarios para la ejecución de la obra en los tiempos previstos. Estos recursos deberán estar calculados por semana.

e) El contratista y/o promotor deberá presentar, adecuadamente a los datos proporcionados en las formas PC-20, PC-21, PC-22 y PC-23, el desglose de las actividades que intervienen en cada una de las etapas semanales de cada prototipo, así como los recursos correspondientes a cada una de las etapas.

NOTA: En caso de utilizarse sistemas constructivos no tradicionales, los tiempos máximos permisibles de ejecución de obra y los alcances de las partidas consideradas en los paquetes de estimación, se adecuarán al sistema que en cada caso particular se proponga.

ANEXO 2

PAQUETES DE ESTIMACION

A) VIVIENDA DE 1 NIVEL

PAQUETE 1. (3.3%)

- Preliminares

PAQUETE 2. (17.4%)

- Cimentación

PAQUETE 3. (14.5%)

- Muros P.B.

PAQUETE 4. (18.00%)

- Losa de Azolca

PAQUETE 5. (12.60%)

- Albañilería
- Impermeabilización
- Aplanado Exterior

PAQUETE 6. (22.00%)

- Acabados
- Pintura Exterior

PAQUETE 7. (12.2%)

- Obra Exterior
- Equipamiento para entrega

29

B) . VIVIENDA DE 2 NIVELES

PAQUETE 1. (2.50%)

- Preliminares .

PAQUETE 2. (16.10%)

- Cimentación

PAQUETE 3. (6.20%)

- Muros P.B.

PAQUETE 4. (9.75%)

- Losa de Entrepiso

PAQUETE 5. (6.20%)

- Muros Planta Alta

PAQUETE 6. (9.75%)

- Losa de Azotea

PAQUETE 7. (13.80%)

- Albañilería
- Impermeabilización

PAQUETE 8. (6.80%)

- Aplanado Exterior
- Acabados (I)

PAQUETE 9. (17.60%)

- Acabados (II)
- Pintura Exterior

PAQUETE 10. (11.30%)

- Obra Exterior
- Equipamiento para entrega

C) VIVIENDA DE 3 NIVELES

PAQUETE 1. (1.00%)

- Preliminares

PAQUETE 2. (5.30%)

- Cimentación (I)

PAQUETE 3. (8.20%)

- Cimentación (II)

PAQUETE 4. (5.23%)

- Muros P.B.

PAQUETE 5. (5.77%)

- Losa Nivel 1

PAQUETE 6. (5.23%)

- Muros Nivel 1

PAQUETE 7. (5.77%)

- Losa Nivel 2

PAQUETE 8. (5.23%)

- Muros Nivel 2

PAQUETE 9. (10.00%)

- Losa Nivel 3
- Albañilería P.B.

PAQUETE 10. (5.24%)

- Acabados P.B. (I)
- Albañilería Nivel 1
- Impermeabilización

PAQUETE 11. (16.56%)

- Acabados P.B. (II)
- Acabados Nivel 1 (I)
- Albañilería Nivel 2
- Aplanado Exterior

PAQUETE 12. (8.13%)

- Acabados Nivel 1 (II)
- Acabados Nivel 2 (I)

PAQUETE 13. (9.60%)

- Acabados Nivel 2 (II)
- Pintura Exterior
- Obra Exterior

PAQUETE 14. (8.74%)

- Equipamiento para entrega

D) VIVIENDA DE 4 NIVELES

PAQUETE 1. (0.80%)
• Preliminares

PAQUETE 2. (7.15%)
• Cimentación (I)

PAQUETE 3. (9.84%)
• Cimentación (II)

PAQUETE 4. (4.45%)
• Muros P.B.

PAQUETE 5. (5.20%)
• Losa Nivel 1

PAQUETE 6. (4.45%)
• Muros Nivel 1

PAQUETE 7. (5.20%)
• Losa Nivel 2

PAQUETE 8. (4.45%)
• Muros Nivel 2

PAQUETE 9. (8.43%)
• Losa Nivel 3
• Albañilería P.B.

PAQUETE 10. (5.30%)
• Muros Nivel 3
• Acabados P.B. (I)

PAQUETE 11. (8.43%)
• Losa Nivel 4
• Albañilería Nivel 1
• Aplanado Exterior (I)

PAQUETE 12. (10.28%)
• Acabados P.B. (II)
• Acabados Nivel 1 (I)
• Albañilería Nivel 2
• Aplanado Exterior (II)
• Impermeabilización

PAQUETE 13. (9.28%)
• Acabados Nivel 1 (II)
• Acabados Nivel 2 (I)
• Albañilería Nivel 3

PAQUETE 14. (6.05%)
• Acabados Nivel 2 (II)
• Acabados Nivel 3 (I)

PAQUETE 15. (5.20%)
• Acabados Nivel 3 (II)
• Pintura Exterior.
• Obra Exterior

PAQUETE 16. (5.49%)
• Equipamiento para entrega

E) VIVIENDA DE 5 NIVELES.—

- PAQUETE 1. (0.60%)
 - Preliminares
- PAQUETE 2. (6.4%)
 - Cimentación (I)
- PAQUETE 3. (8.8%)
 - Cimentación (II)
- PAQUETE 4. (3.68%)
 - Muros P.B.
- PAQUETE 5. (4.4%)
 - Losa Nivel 1
- PAQUETE 6. (3.68%)
 - Muros Nivel 1
- PAQUETE 7. (4.4%)
 - Losa Nivel 2
- PAQUETE 8. (3.68%)
 - Muros Nivel 2
- PAQUETE 9. (7.00%)
 - Losa Nivel 3
 - Albañilería P.B.
- PAQUETE 10. (6.96%)
 - Muros Nivel 3
 - Acabados P.B. (I)
 - Albañilería Nivel 1
- PAQUETE 11. (7.68%)
 - Losa Nivel 4
 - Acabados Nivel 1 (I)
 - Albañilería Nivel 2
- PAQUETE 12. (4.36%)
 - Muros Nivel 4
 - Acabados Nivel 2 (I)
- PAQUETE 13. (7.00%)
 - Losa Nivel 5
 - Albañilería Nivel 3
 - Aplanado Exterior (I)
- PAQUETE 14. (12.40%)
 - Acabados P.B. (II)
 - Acabados Nivel 1 (II)
 - Acabados Nivel 3 (I)
 - Albañilería Nivel 4
 - Aplanado Exterior (II)
 - Impermeabilización
- PAQUETE 15. (8.84%)
 - Acabados Nivel 2 (II)
 - Acabados Nivel 3 (II)
 - Acabados Nivel 4 (I)
- PAQUETE 16. (4.08%)
 - Acabados Nivel 4 (II)
 - Pintura Exterior
 - Obra Exterior
- PAQUETE 17. (6.04%)
 - Equipamiento para entrega

ANEXO 2 (CONTINUACION)

ALCANCE DE LAS PARTIDAS CONSIDERADAS
EN LOS PAQUETES DE ESTIMACION

- a) PRELIMINARES
 - Limpieza
 - Trazo
 - Despalme
 - Mejoramiento

- b) CIMENTACION
 - 1) Cimentación (I)
 - Excavación
 - Plantilla
 - Armado Cimentación

 - 2) Cimentación (II)
 - Cimbra de Cimentación
 - Colado de Cimentación
 - Enrasas
 - Rellenos
 - Losa Tapa o Firme
 - Instalaciones por Cimentación

- c) MUROS
 - Muros y sus Refuerzos
 - Instalaciones Ahogadas en su caso

- d) LOSAS
 - Cimbra
 - Acero
 - Instalaciones por Losa
 - Colado

NOTAS: El descimbrado siempre se considerará en el paquete siguiente al de la losa en cuestión.

En este paquete también se considerarán las variantes de losa que existan.

- e) ALBAÑILERIA
 - Muros de Relleno
 - Aplanados interiores de mezcla
 - Herrería Tubular
 - Firmes
 - Azulejo y/o similares
 - Instalaciones que correspondan
 - Rampas de Escalera
 - Precofados de Fachada
 - Chambranas Metálicas

f) ACABADOS**1) Acabados (I)**

- Yeso
- Tirol
- Marcos de Puerta (madera)

2) Acabados (II)

- Aluminio
- Puertas de Madera
- Pintura
- Loseta Vinílica
- Cableado de Instalación Eléctrica

g) IMPERMEABILIZACION

- Rellenos de Azotea
- Entorlados de Azotea
- Impermeabilizaciones de Azotea
- Enladrillados de Azotea

h) APLANADO EXTERIOR

- Aplanados o Recubrimientos Exteriores

i) OBRA EXTERIOR

- Bardas
- Registros Exteriores
- Huellas
- Jardinería

j) EQUIPAMIENTO PARA ENTREGA

- Muebles y Accesorios de Baño
- Accesorios Eléctricos
- Detallado
- Pruebas de Instalaciones
- Pruebas de Funcionamiento
- Limpieza final.

CUNTRDL DE PROGRAMAS

El programa de obra siempre estará sujeto a desviaciones debidas a fallas en los recursos que se planearon utilizar. Para lograr la terminación de la obra en el tiempo previsto, el control de programas es herramienta indispensable que permite el seguimiento de lo planeado con objeto de obtener la información de las desviaciones y sus causas. Del análisis de esta información se desprenden las medidas correctivas necesarias para lograr las metas fijadas.

El control de los programas se realiza periódicamente mediante la revisión del avance real de los trabajos, comparándolos con el programa original del cual obtenemos, a la fecha de revisión, el avance programado.

Para este efecto, mencionaremos los aspectos típicos de control de programas, los cuales se deberán tomar como normas mínimas.

Aspectos de Control

Básicamente existen tres aspectos en el control de programas, que se refieren a tiempo, inversión y recursos.

Control de tiempo

El control de tiempo se realiza fundamentalmente mediante el registro de actividades, procesos o etapas que han sido ejecutadas en la fecha de revisión. Utilicemos como ejemplo el programa general del conjunto señalado en el capítulo de Programación Serial. El primer paso será trazar una línea con un color en la semana que hacemos el corte, entonces, automáticamente sabemos cual será el avance programado en esa semana, pues todas las etapas que debieron terminarse quedarán del lado izquierdo de nuestra línea de avance. A continuación, con el mismo color de la línea de avance, marcaremos las etapas que han sido ejecutadas y obtendremos nuestro perfil de avance real.

Para el análisis de la información se observa el resultado del avance real y se cuenta el número de semanas de desviación para cada uno de los grupos, casas o edificios; así, se obtiene el atraso o adelanto para cada uno de ellos. La desviación global será el tiempo más largo de desviación en los grupos, casas o edificios.

Una forma objetiva que permite tener siempre al día el avance de obra, es contar con un plano de siembra del conjunto por cada etapa a realizar, en donde se vaya marcando las casas o edificios que se han terminado en la etapa correspondiente a cada plano de siembra.

Control de Inversión

El control de inversión también está basado en el registro de actividades, procesos o etapas que han sido ejecutadas en la fecha de revisión. La experiencia indica que el flujo de inversión en las obras se inicia lentamente, y va aumentando conforme avanza la obra hasta llegar a un máximo, después va descendiendo hasta su terminación.

La gráfica que representaría más aproximadamente el flujo de la inversión sería la campana de Gauss (figura 10), y cuya curva acumulada sería la que se muestra en la figura 11

FIGURA 10
GRAFICA DE FLUJO DE INVERSION

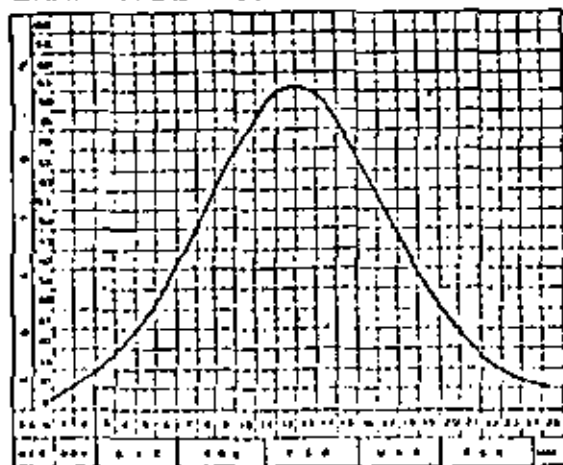
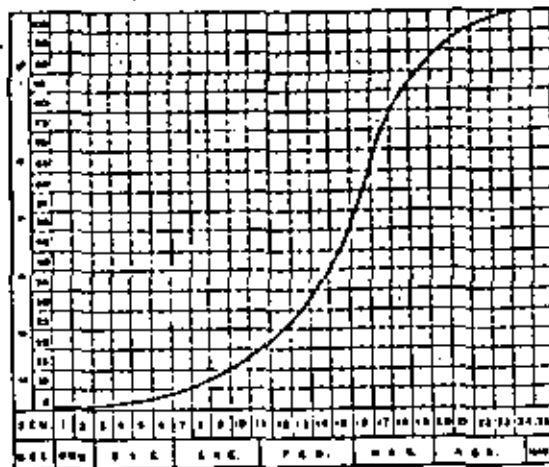


FIGURA 11.
CURVA ACUMULADA DE INVERSION:



Del programa de inversión se obtienen curvas de este estilo, que representan el flujo programado de inversión. La curva acumulada es la más utilizada, ya que permite distinguir las desviaciones acumuladas y valorar el resultado de las medidas correctivas tomadas en el curso de la obra.

Para llevar un buen registro del avance por inversión debemos conservar siempre la gráfica que representa el programa de inversión original y que se obtuvo del presupuesto original de la obra. Es decir, las aditivas y deductivas debidas a fluctuaciones de precio o alteraciones al proyecto deberán considerarse por separado.

Del registro de etapas terminadas en una fecha de corte y del valor de cada una de estas etapas, se obtiene el avance total de la inversión acumulada a esa fecha. Cabe recordar que el valor de cada etapa fue calculado durante el procedimiento para obtener el programa de inversión.

Si graficamos el avance observado a la fecha de corte, junto a la gráfica del programa de inversión, podemos ver claramente:

- 10 Desviación
- 20 Tendencia de la curva

FIGURA 12

AVANCE PROGRAMADO CONTRA AVANCE REAL
retraso detectado, se toman medidas.

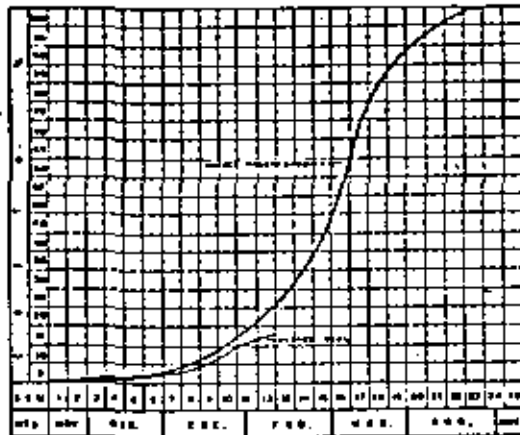


FIGURA 13

AVANCE PROGRAMADO CONTRA AVANCE REAL
no hay reacción a la medida
(no mejora pendiente de la curva)

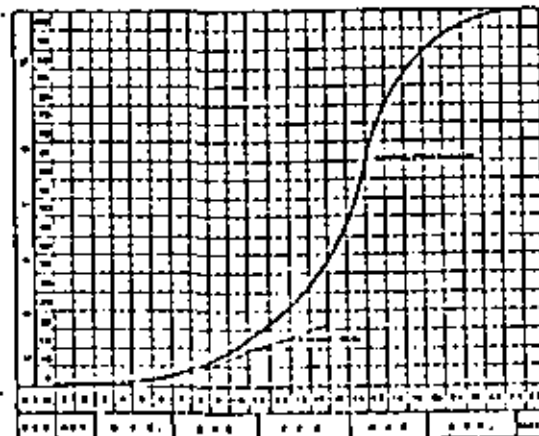


FIGURA 14

AVANCE PROGRAMADO CONTRA AVANCE REAL
se observa mejoría, pero no suficiente
(pendiente de la curva baja)

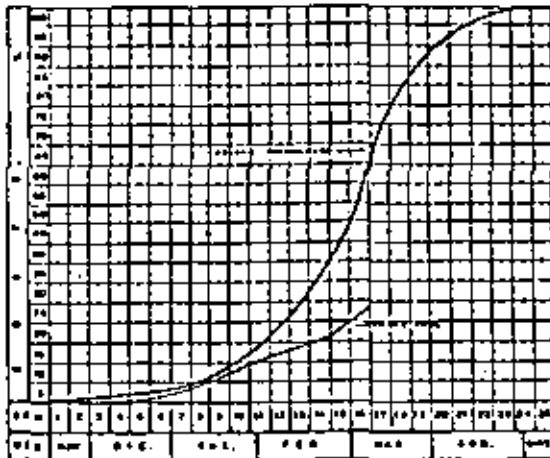
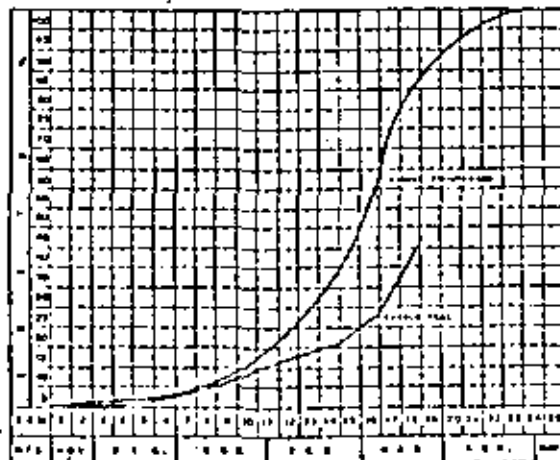


FIGURA 15

AVANCE PROGRAMADO CONTRA AVANCE REAL
reacción suficiente
(pendiente de la curva suficiente)



Control de Recursos

El control de recursos sirve básicamente para constatar que se han ajustado a lo programado y evitar se den desviaciones por falta de ellos. Así mismo, permite analizar las fallas por escasez o problemas de suministro, planteando las medidas correctivas que deberán tomarse.

Básicamente los recursos que deberán controlarse en las obras serán: mano de obra, equipo, cimbras, aceros, cemento, agregados, materiales para muros y todos aquellos suministros que intervengan en actividades críticas de la obra.

Para controlar la mano de obra se deberá comparar la cantidad calculada en los programas con la observada en el análisis de las listas de raya.

Para controlar los suministros de materiales será necesario revisar las existencias en bodega y los Programas de Suministro de los contratistas, a fin de evitar requerimientos instantáneos que no se puedan surtir.

Para controlar el equipo es necesario constatar su existencia en la obra y su correcto funcionamiento.

La existencia de juegos de cimbra en la obra siempre deberá estar acorde con lo programado. Es importante controlar este recurso debido a que si bien puede ser utilizado repetidas veces, el número de usos de cada juego no deberá ser mayor al planeado en el programa de obra, so pena de retrasar la obra en un momento crítico.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

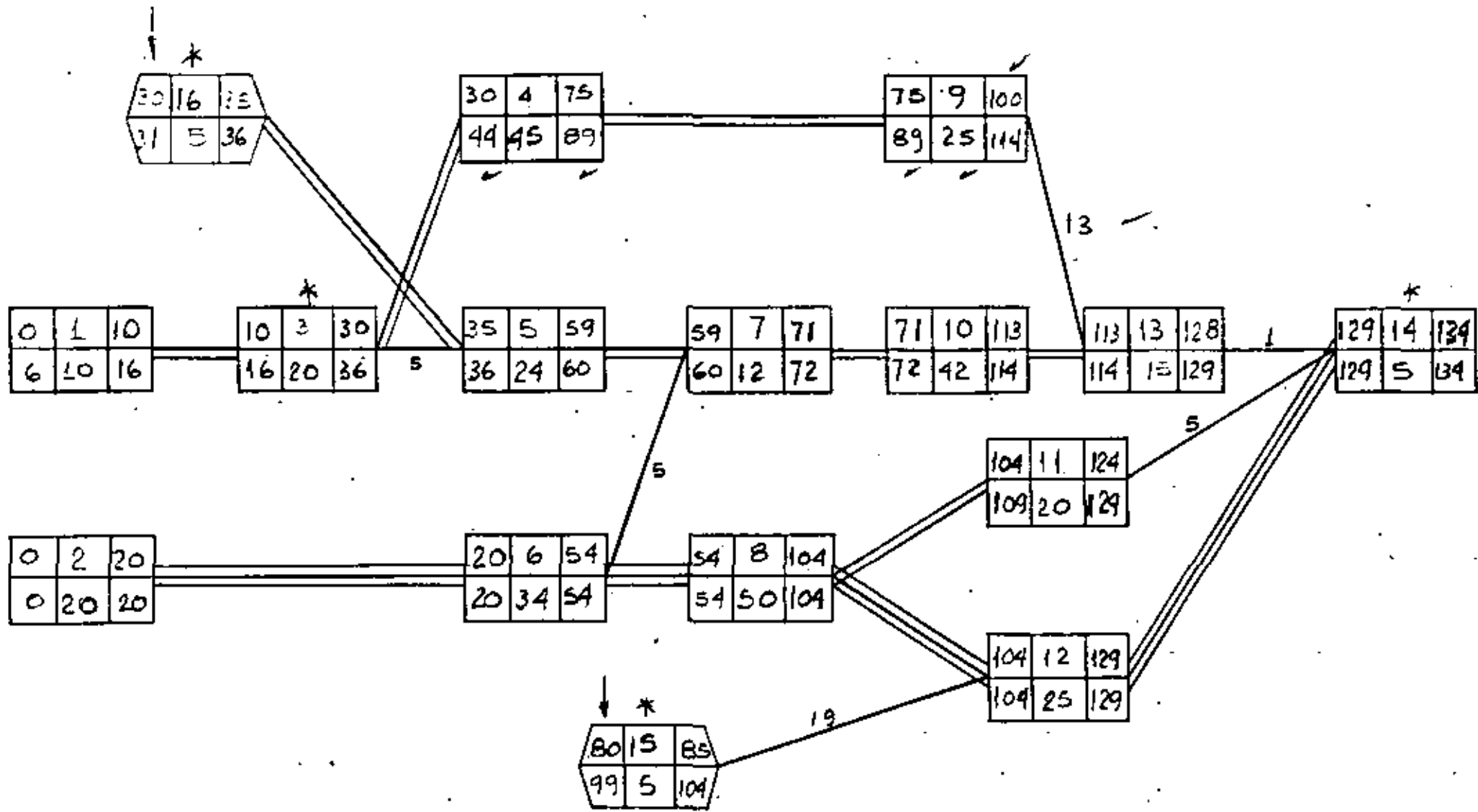
PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRA.

ING. ANDRES RODRIGUEZ RAMOS.

5.- A partir de los siguientes datos, encontrar el programa de obra correspondiente al costo mínimo total del proyecto, suponiendo que los costos indirectos son constantes de \$ 20 000.00 /semana.

ACTIVIDAD	ACTIVIDAD(ES) PRECEDENTE(S)	N O R M A L		M I N I M O	
		DURACION	COSTO (miles)	DURACION	COSTO (miles)
1	-	10 sem.	\$ 100	6 sem.	\$ 120
2	-	20	150	12	250
3	1	20	250	20	250
4	3	45	200	25	400
5	3,16	24	50	14	110
6	2	34	300	22	500
7	5,6	12	30	8	48
8	6	50	375	31	525
9	4	25	125	17	185
10	7	42	480	24	650
11	8	20	75	12	125
12	8,15	25	350	14	580
13	9,10	15	240	9	360
14	11,12,13	5	20	5	20
15	-	5	420	5	420
16	-	5	250	5	250
			<u>3 415</u>		<u>4 193</u>

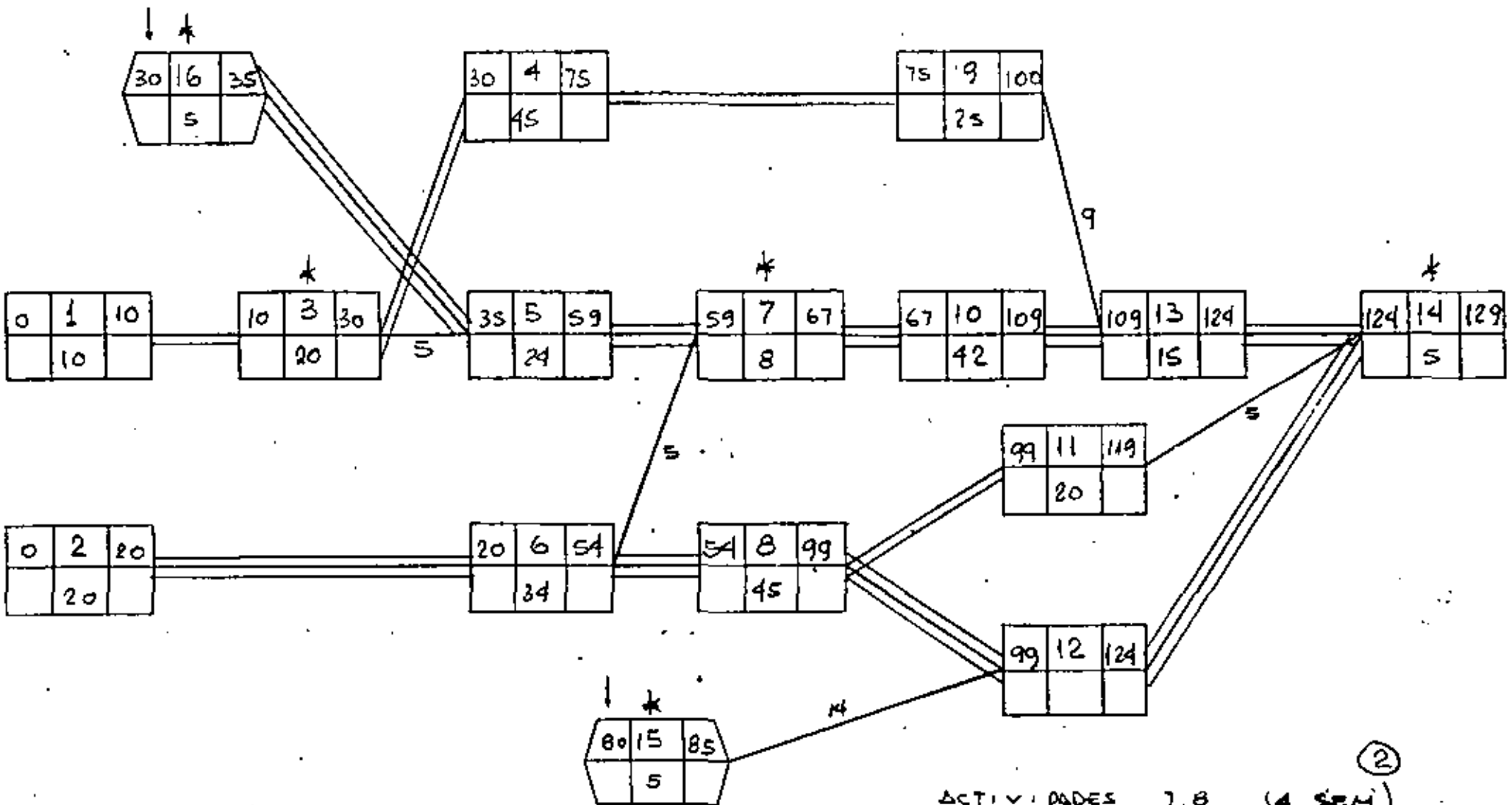
Las actividades 15 y 16 son suministros que normalmente serán entregados a fines de las semanas 80 y 30 , respectivamente. Si se desea, el suministro de la actividad 15 puede ser entregado a fines de la semana 60 y el de la actividad 16 a fines de la semana 20, pero en ambos casos se incurrirá en un costo adicional del 10%



134 ses

TIEMPO NORMAL

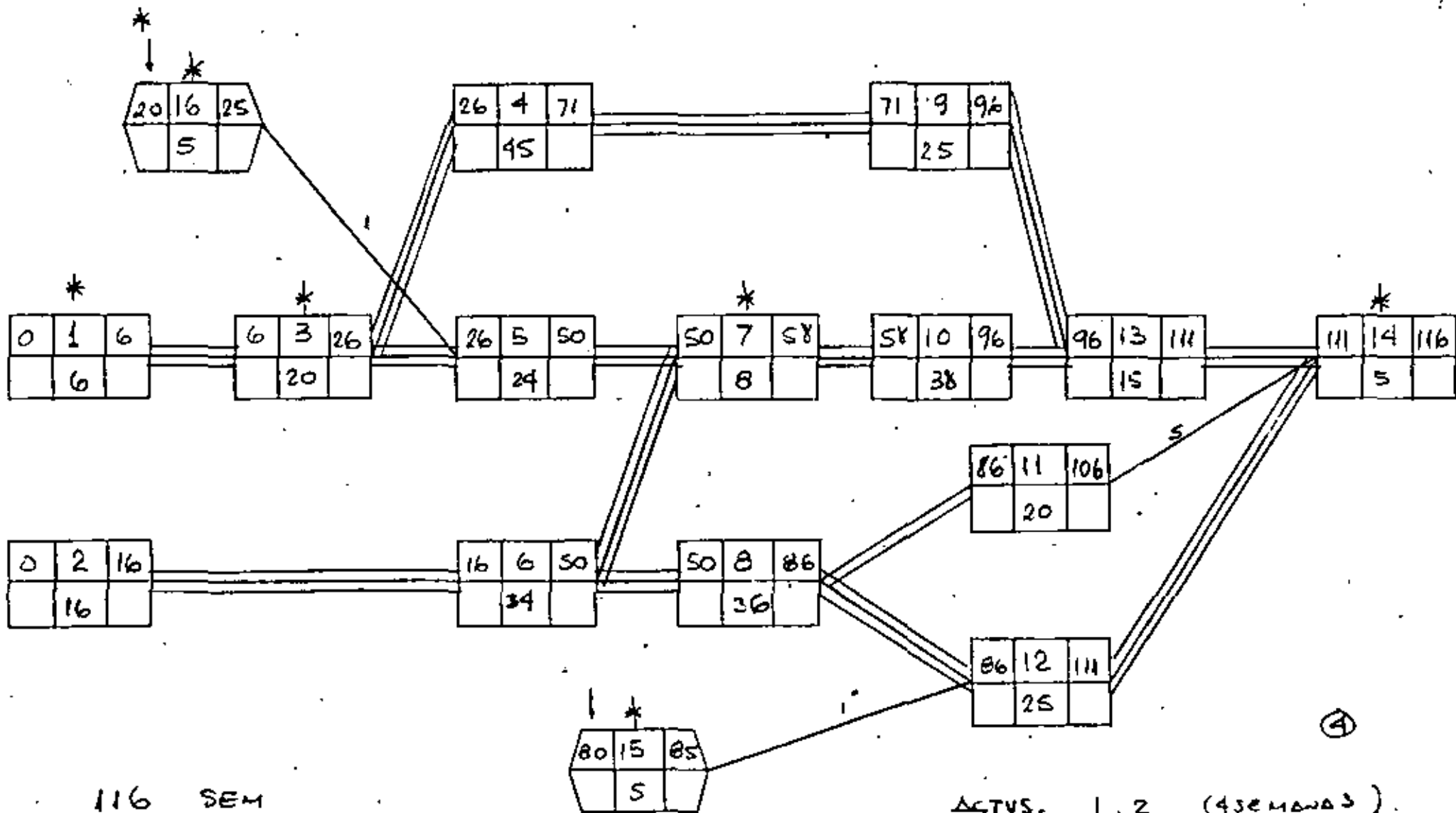
\$ 3415.-



129 SEM

ACTIVIDADES 7, 8 (4 SEM) ⁽²⁾

$$\text{Costo} = \$ 3422.89 + (7.89 + 4.5) \times 4 = \$ 3472.45$$

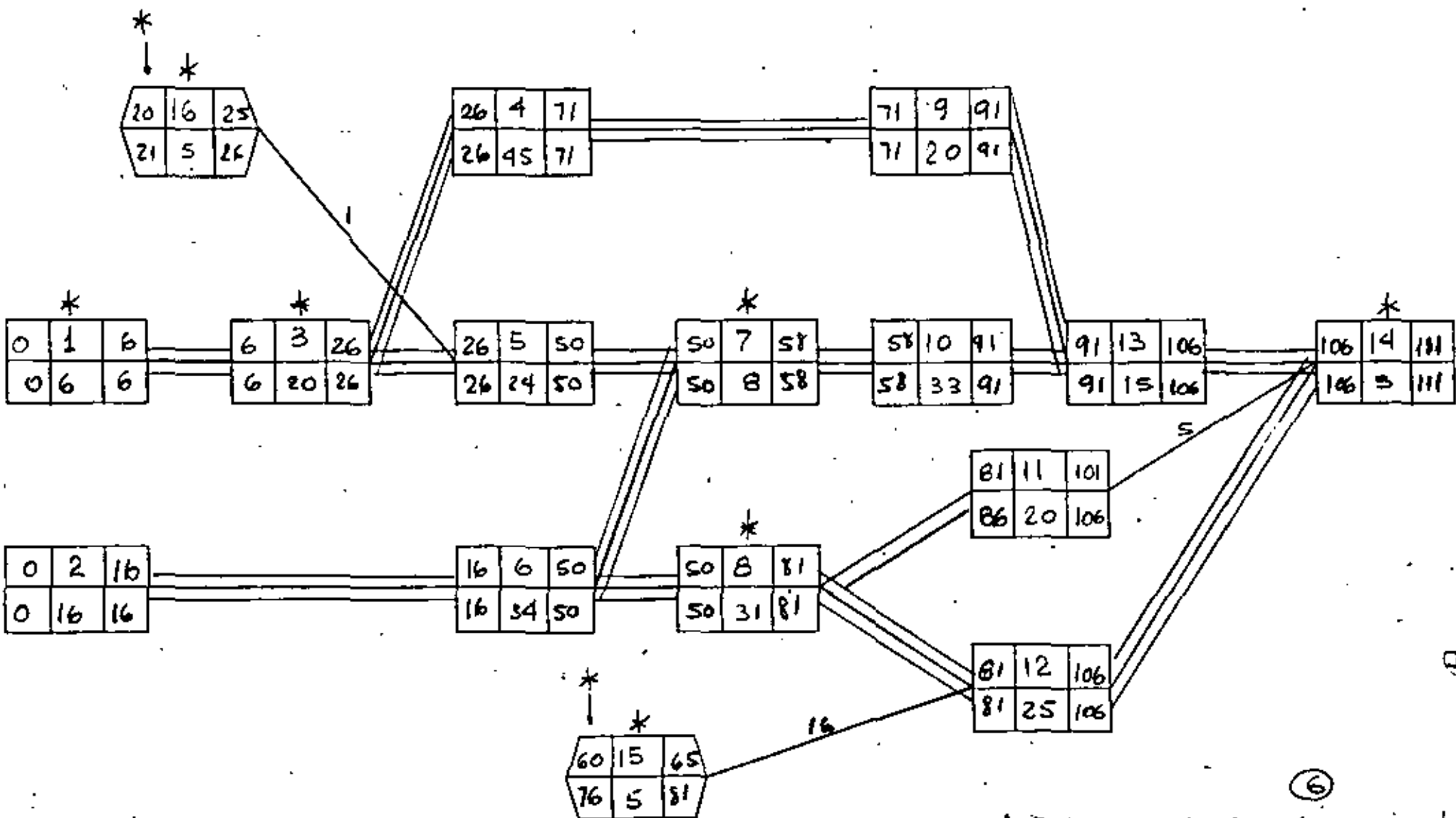


116 SEM

ACTVS. 1, 2 (4 SEMANAS)
 ACTVS. 8, 10 (4 SEMANAS)

$$\text{COSTO} = 2536.90 + 17.5 \times 4 + 17.83 \times 4$$

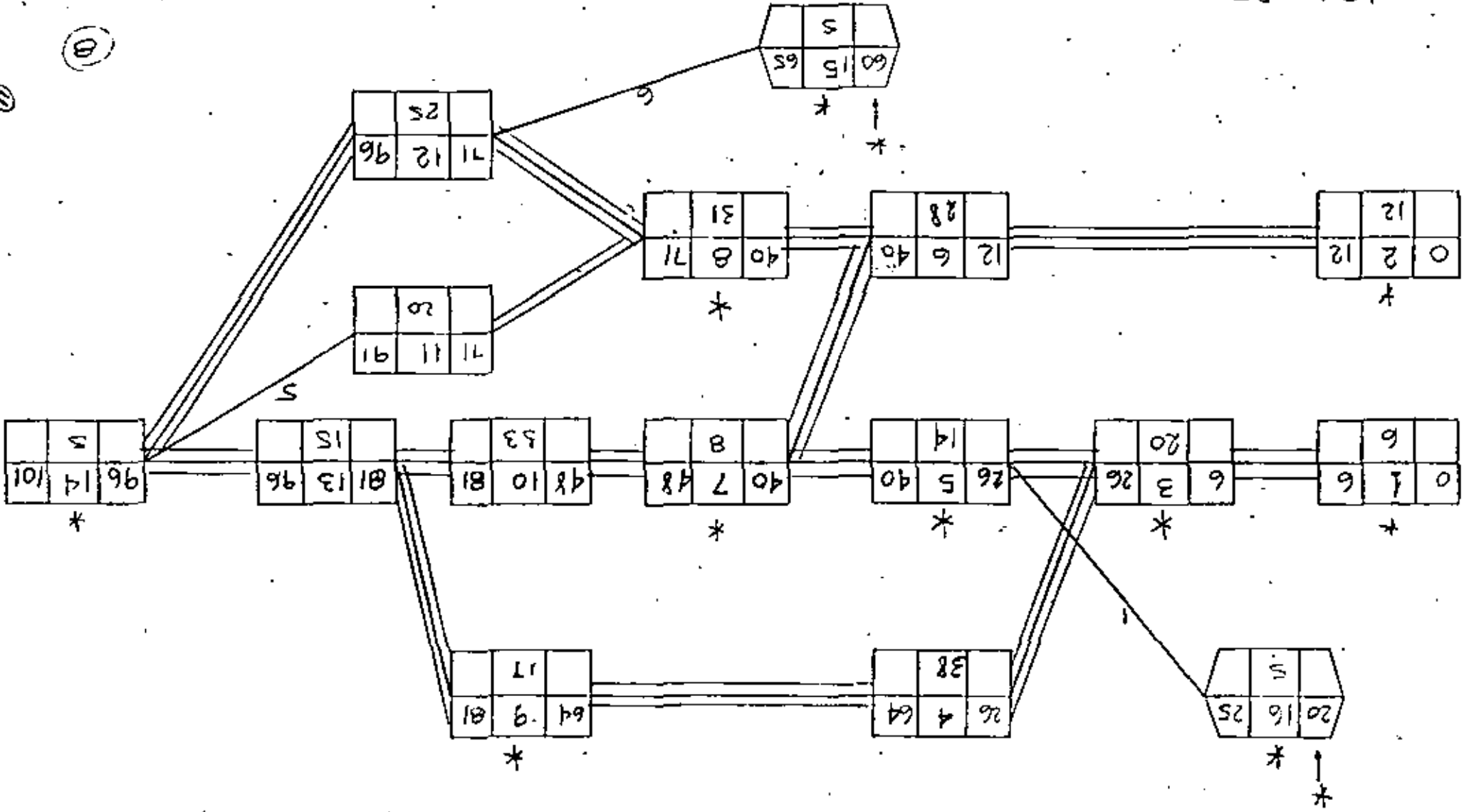
$$= \$3678.22$$



111 SEM

ACTVS. 10, 9, 8 (4 SEM)
E INICIO DE ACT. 15

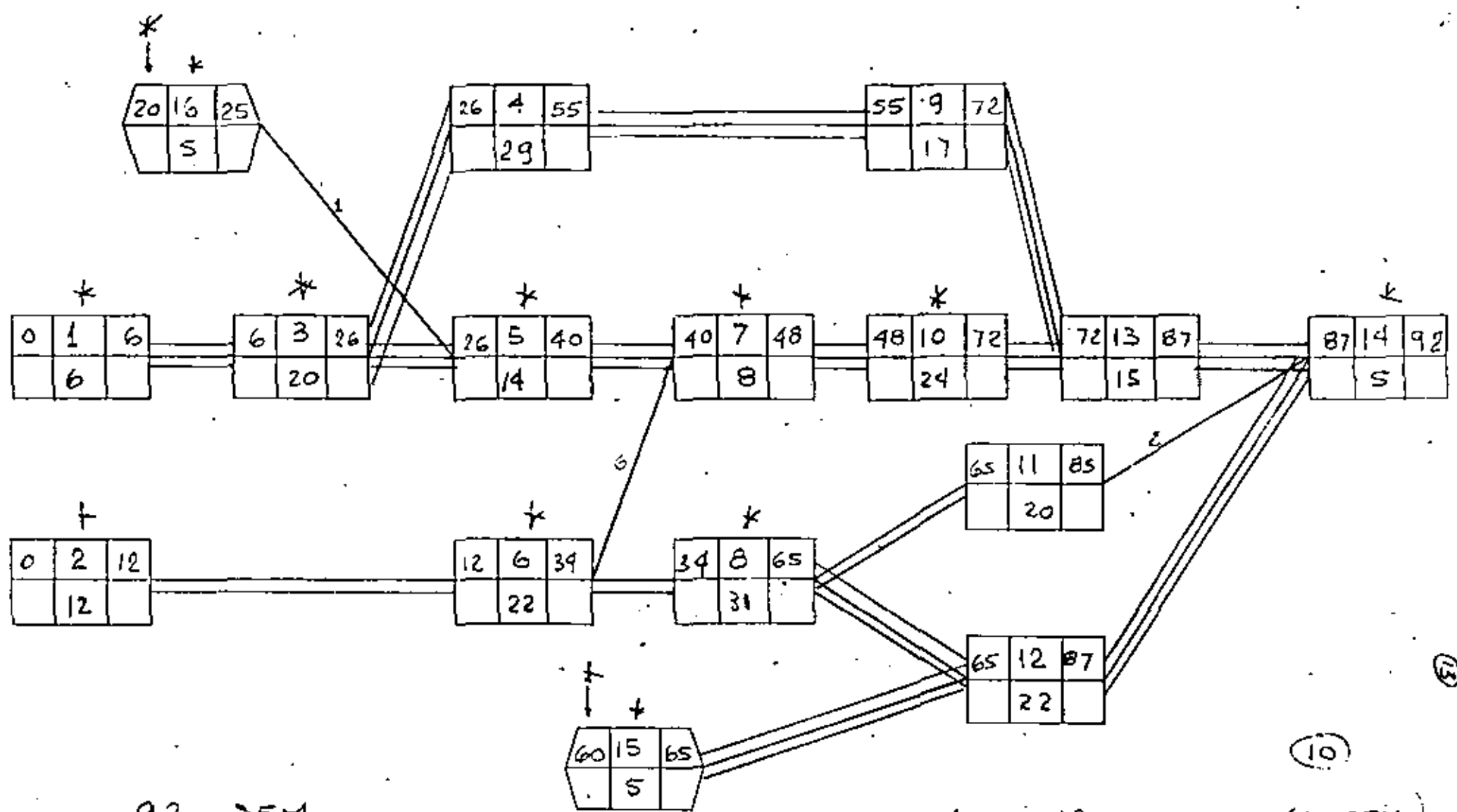
$$\text{COSTO} = \$3703.05 + (9.44 + 7.5 + 7.89) * 4 + 42 = \$3769.88$$



ACTVS 4, 5, 6 (6 SEM) = \$ 4007.18
 COSTO = 3876.32 + (10 + 16 + 16.7) x 4

(B)

(10)

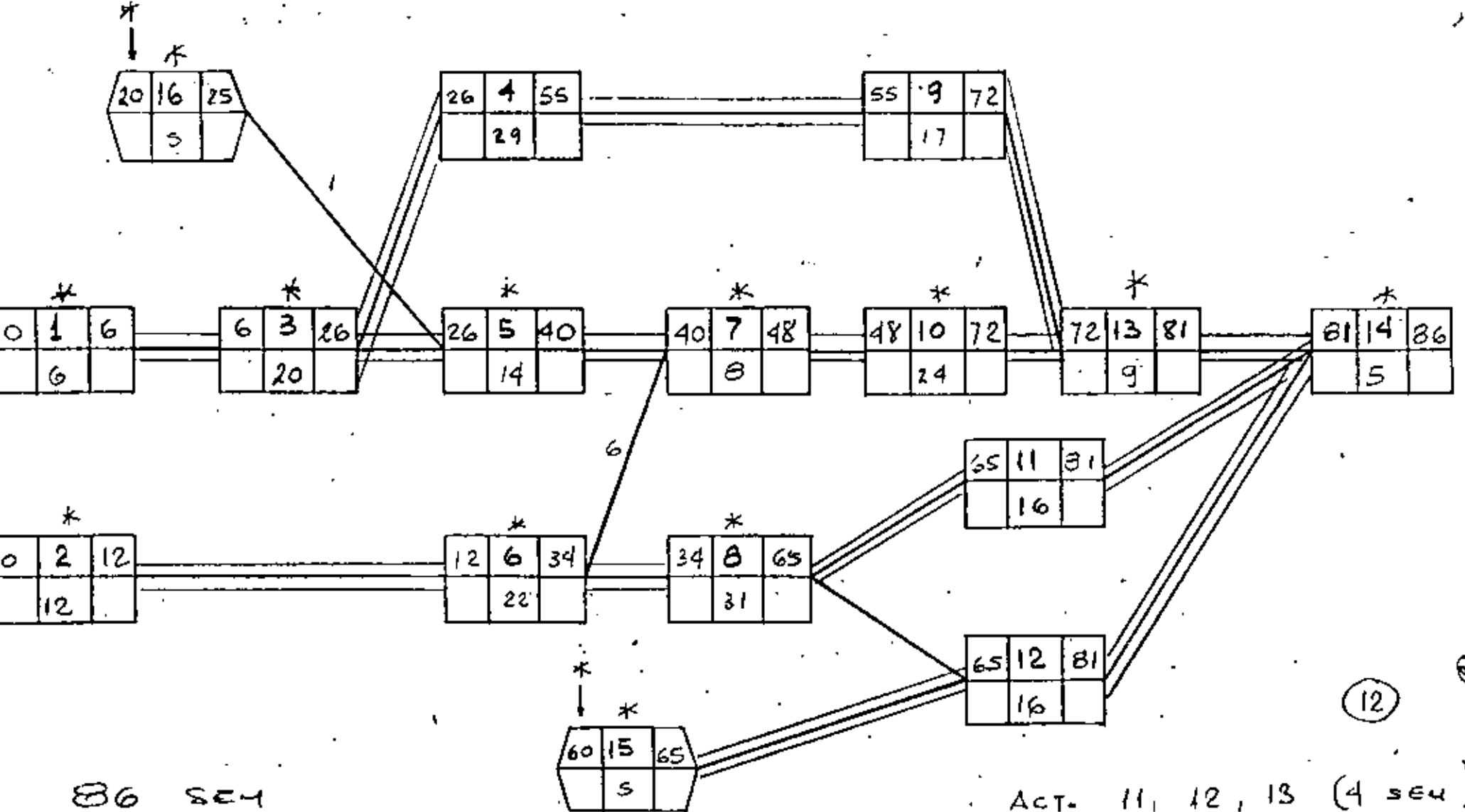


92 SEM

ACT. 12, 10, 4 (3 SEM)

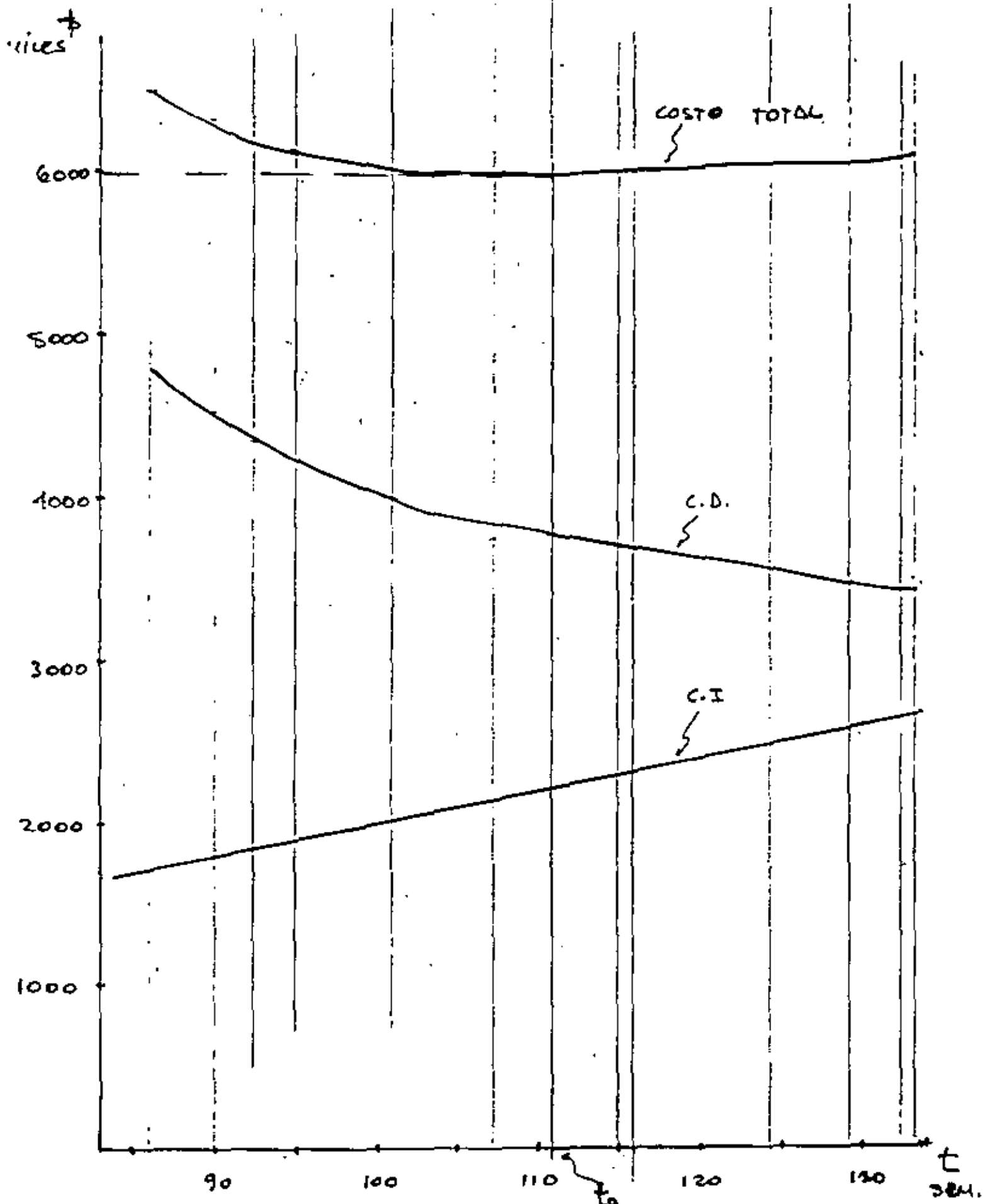
$$\text{COST} = 4224.02 + (20.91 + 9.44 + 10) \times 3$$

$$= \text{₱ } 4345.07$$



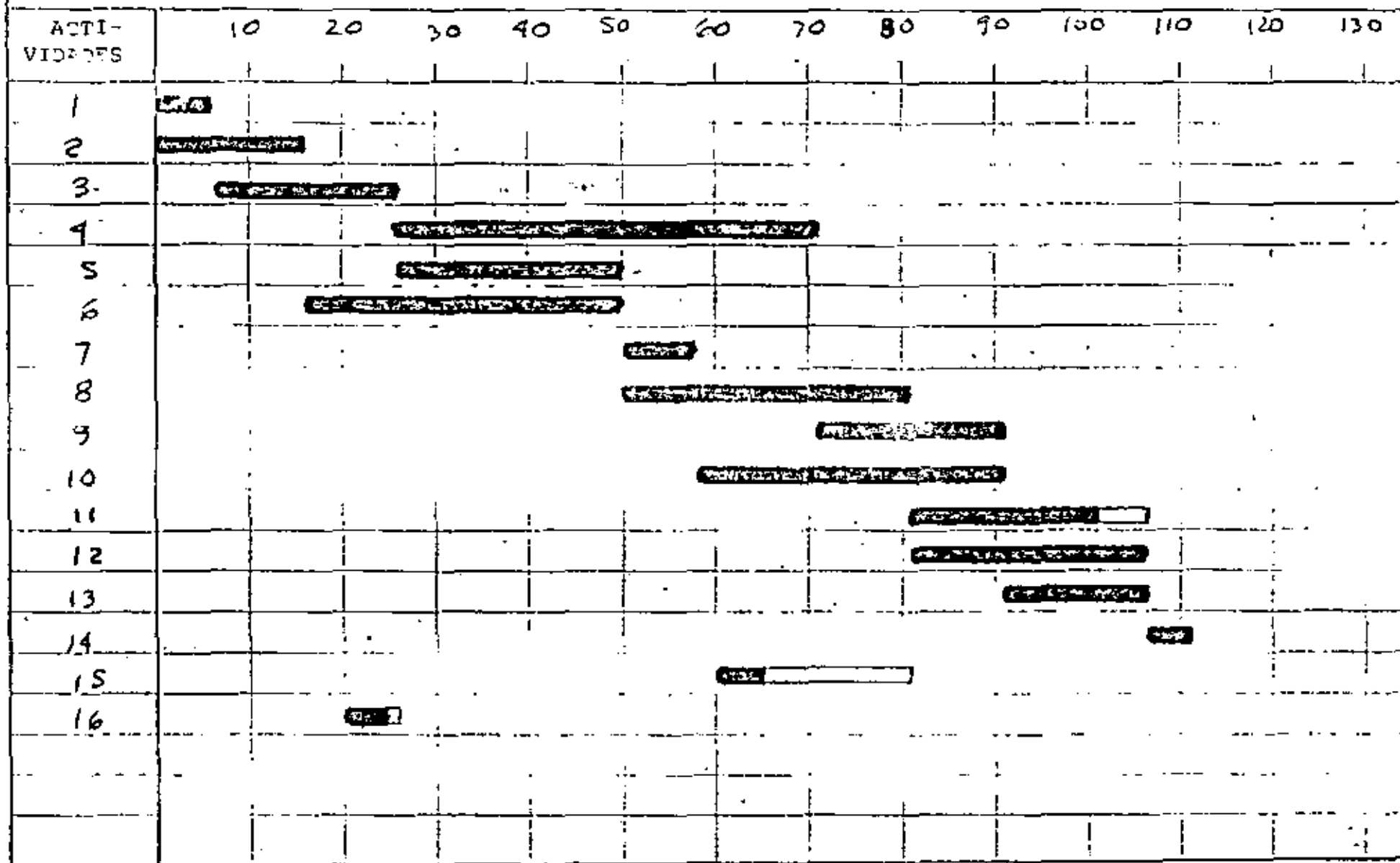
$$\text{COSTO} = 4426.89 + (6.25 + 20.91 + 20) \times 4$$

$$= \text{₹ } 4615.53$$



PROGRAMA DE OBRA
 DIAGRAMA DE BARRAS

111 SEMANAS





centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



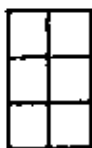
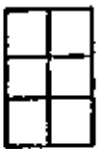
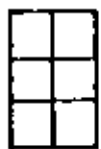
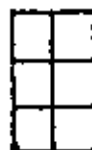
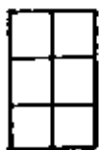
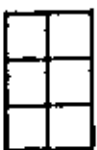
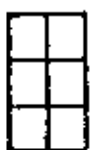
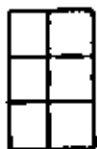
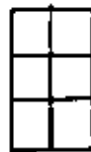
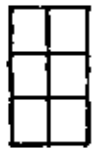
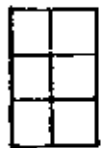
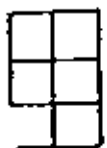
PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRA

FASE II

Ing. Ismael Arroyo C.

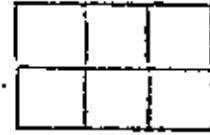
1.- Trazar la red. correspondiente y traducir a diagrama de barras con los siguientes datos:

Actividad	Precedida por:	Duración
1	-	5
2	-	15
3	-	30
4	-	20
5	1	12
6	1	6
7	5	24
8	6	8
9	6	4
10	2-6	10
11	7-8	11
12	5-9-10	9
13	3-10	14
14	4-10	21
15	12-13	10
16	13-14	12
17	11-14-15	7
18	16-17	3



2.- Trazar la red correspondiente, traducir a diagrama de barras y programa de recursos con los siguientes datos:

Actividad	Precedida por:	Duración	Recursos/día
A	----	2	2m, 1q
B	----	5	1p, 1r
C	----	3	1m, 1q
D	A	8	1p, 1q
E	A	10	2m, 2r
F	B	7	2p, 1q
G	B, C	10	1m, 1q
H	D, E, F	8	2p, 1q
J	E, F	5	2p, 1r
K	G	10	3m, 1r
L	G	4	2p, 1q
M	H, J, K, L	1	2p ^m

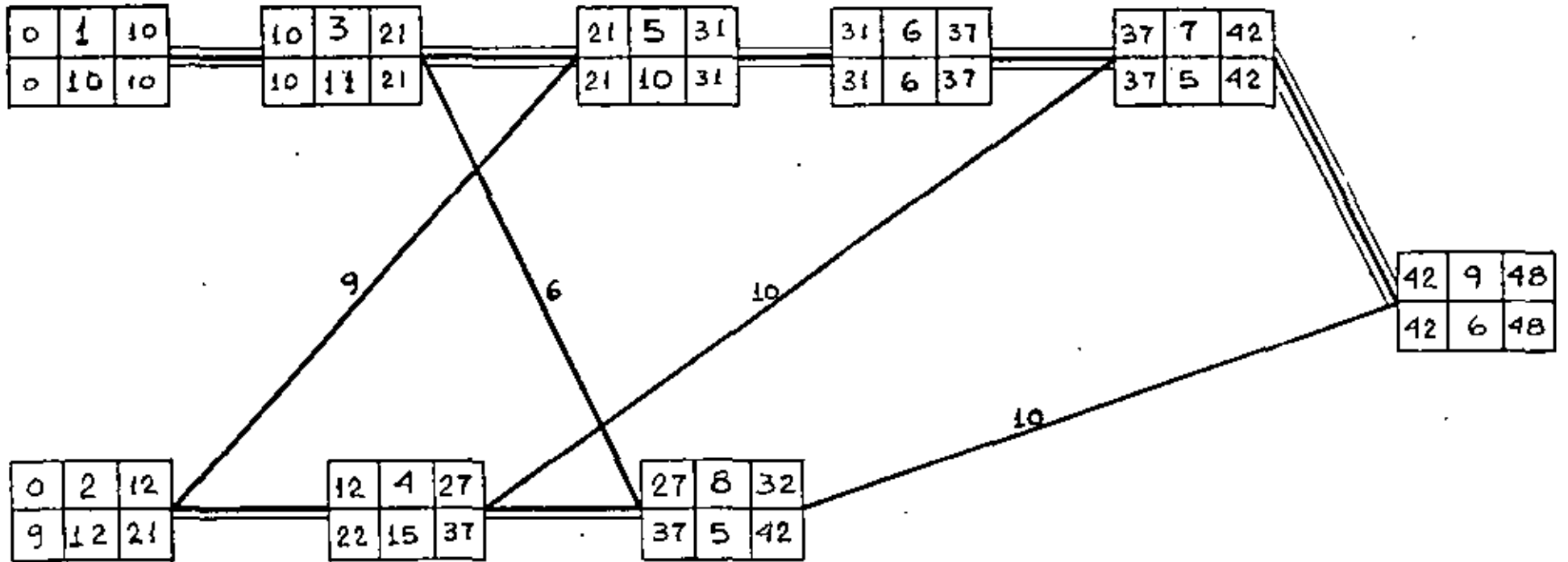


3.- Con base a la red de actividades y diagrama de barras dados. Con los siguientes avances reportados, recalcular la red y hacer el diagrama de barras comparativo, con fecha de corte a la semana 14.

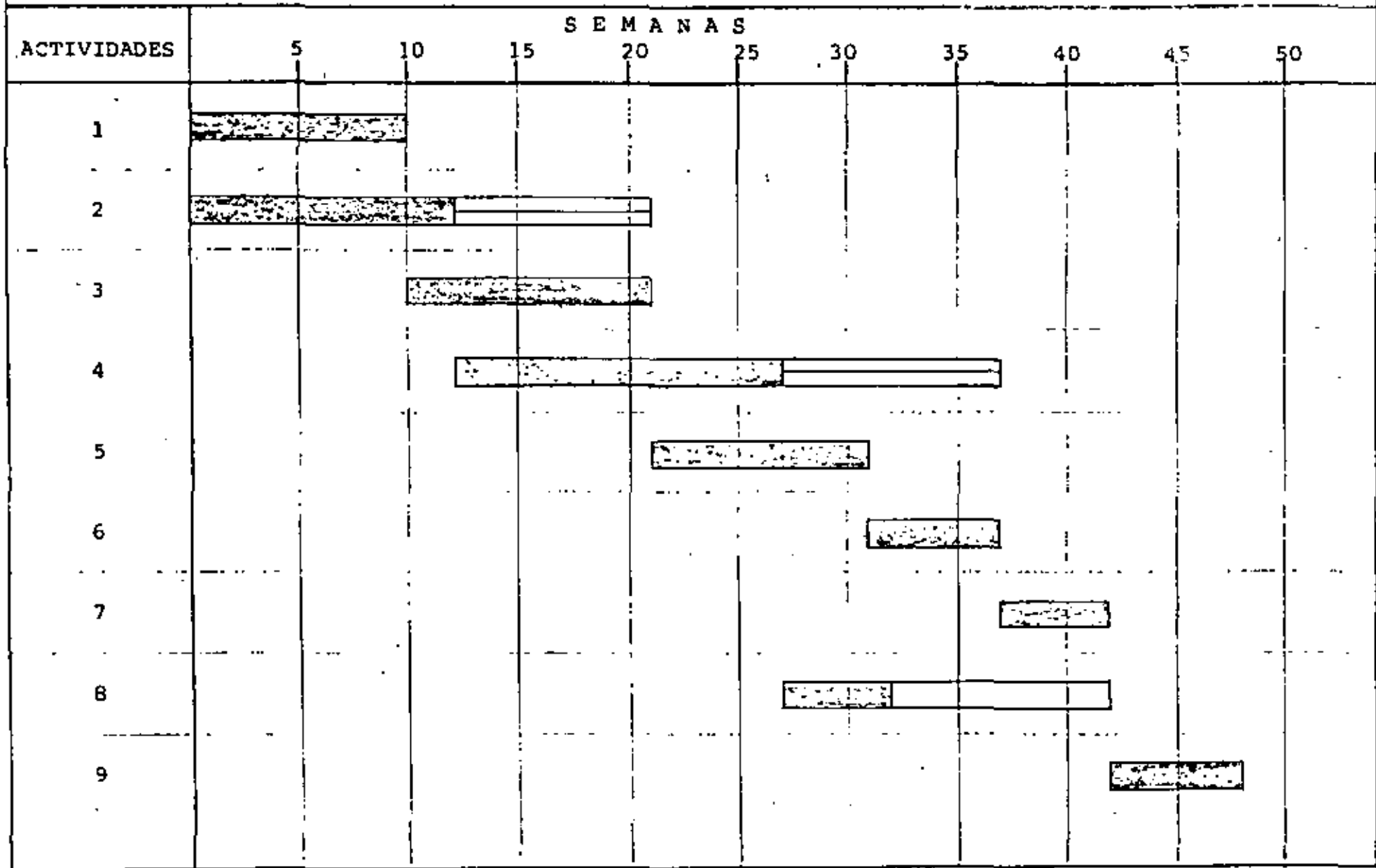
Actividad	Precedida por:	Duración
1	-	10
2	-	12
3	1	11
4	2	15
5	2-3	10
6	5	6
7	4-6	5
8	3-4	5
9	7-8	6

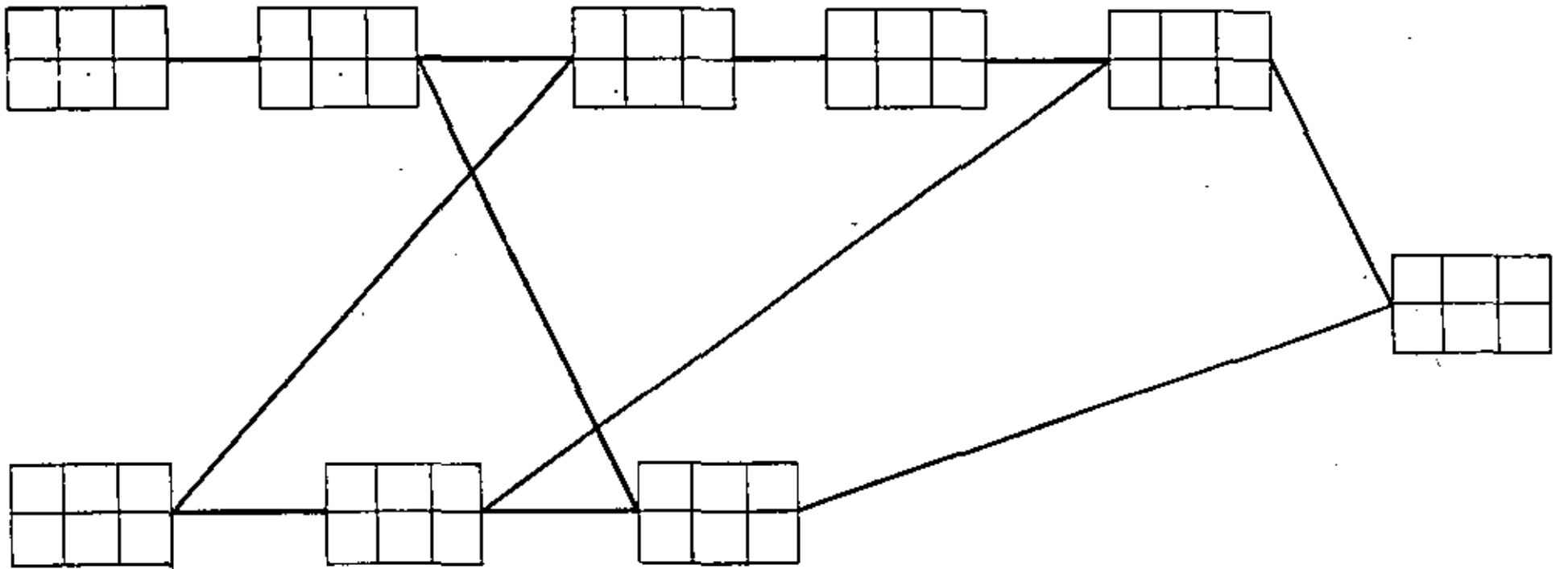
Reportes:

Actividad	Avance despues de semana:		
	5	10	14
1	20%	80%	100%
2	0%	0%	0%



PROGRAMA DE OBRA
DIAGRAMA DE BARRAS







centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRA

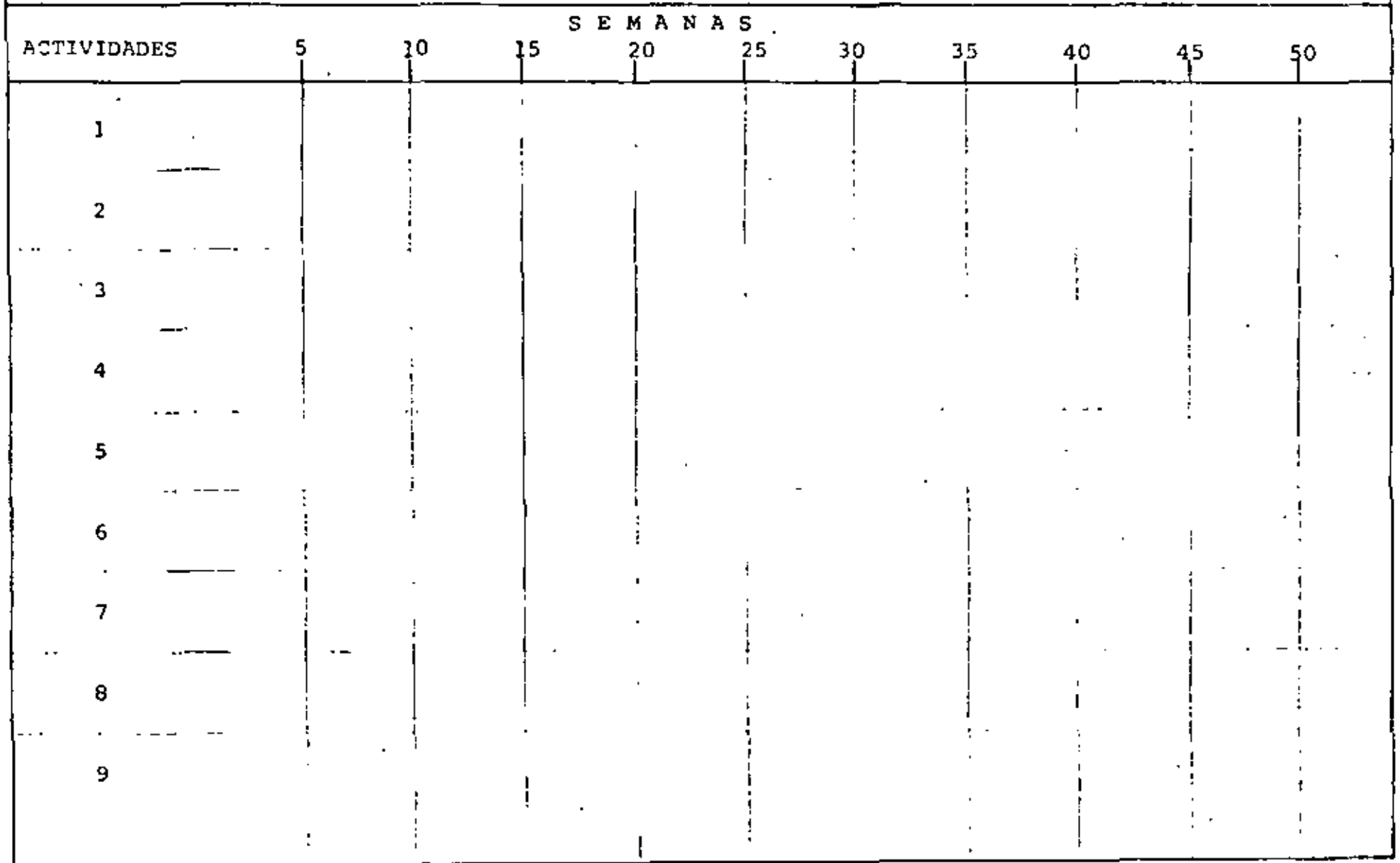
FASE III

Ing. Andrés Rodríguez R.

- 4.- Con los resultados obtenidos en el ejercicio 3 , determinar que medidas se tendrán que adoptar para que la obra que tiene los avances reportados, termine en la fecha programada - originalmente, suponiendo que los datos de la siguiente tabla se cumplirán absolutamente.

ACTIVIDAD	PRECEDE A:	N O R M A L		M I N I M O	
		DURACION	COSTO	DURACION	COSTO
1	-	10	\$ 375	8	\$ 450
2	-	12	250	6	350
3	1	11	450	8	570
4	2	15	400	14	435
5	2 , 3	10	350	7	575
6	5	6	500	5	565
7	4 , 6	5	300	3	460
8	3 , 4	5	400	3	480
9	7 , 8	6	450	4	620
			<u>3 475</u>		<u>4 505</u>

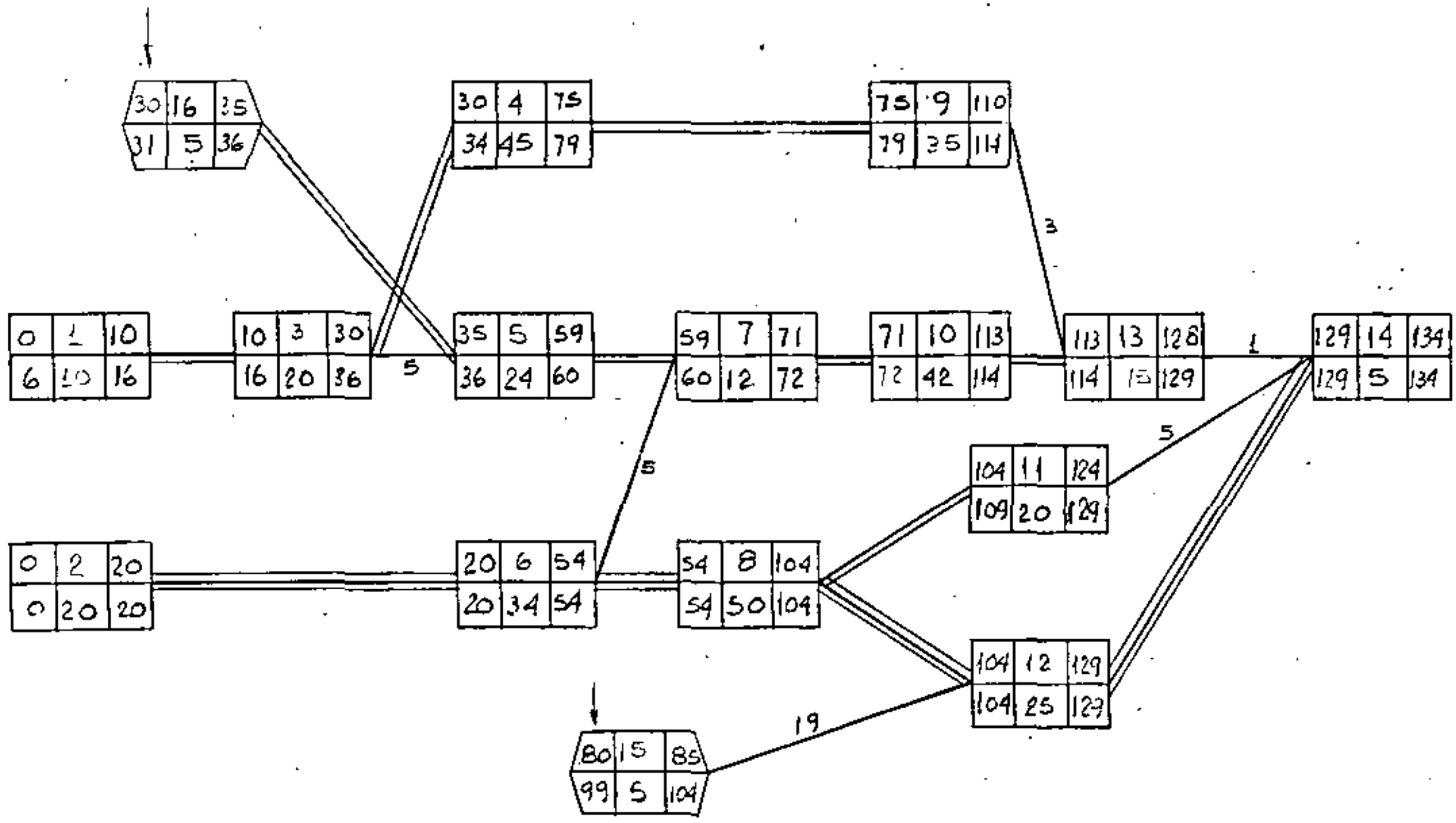
PROGRAMA DE OBRA
DIAGRAMA DE BARRAS

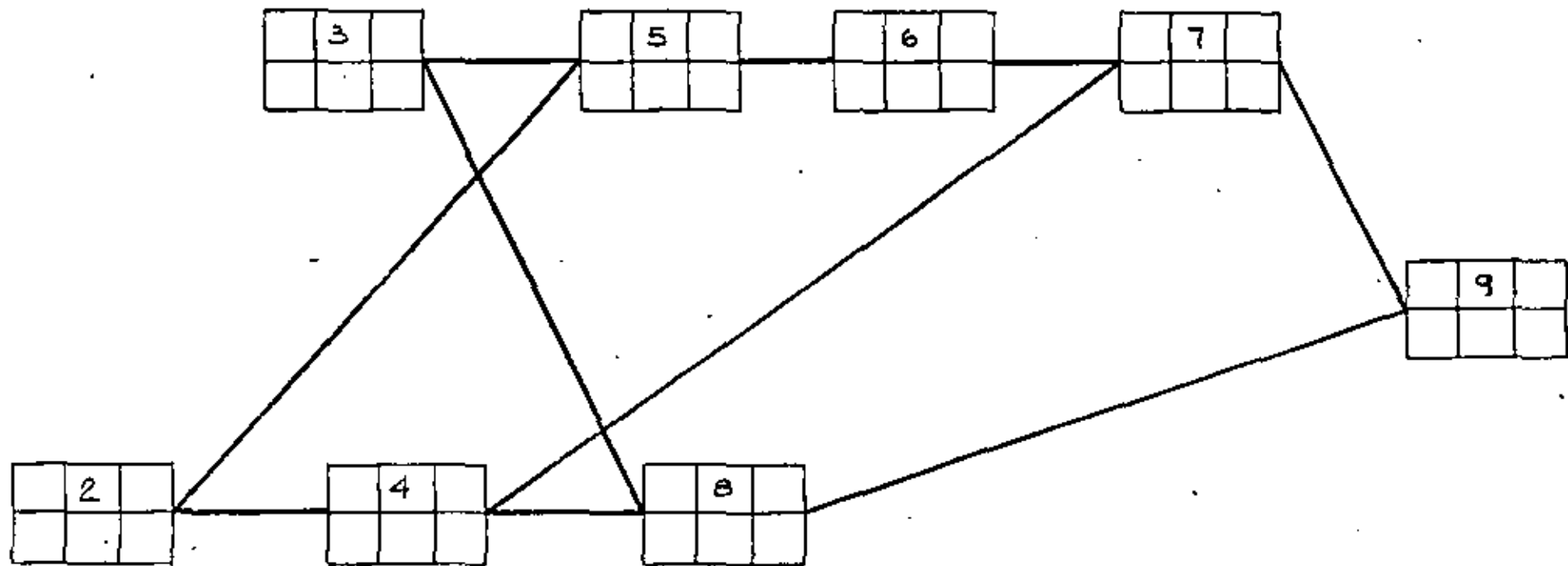


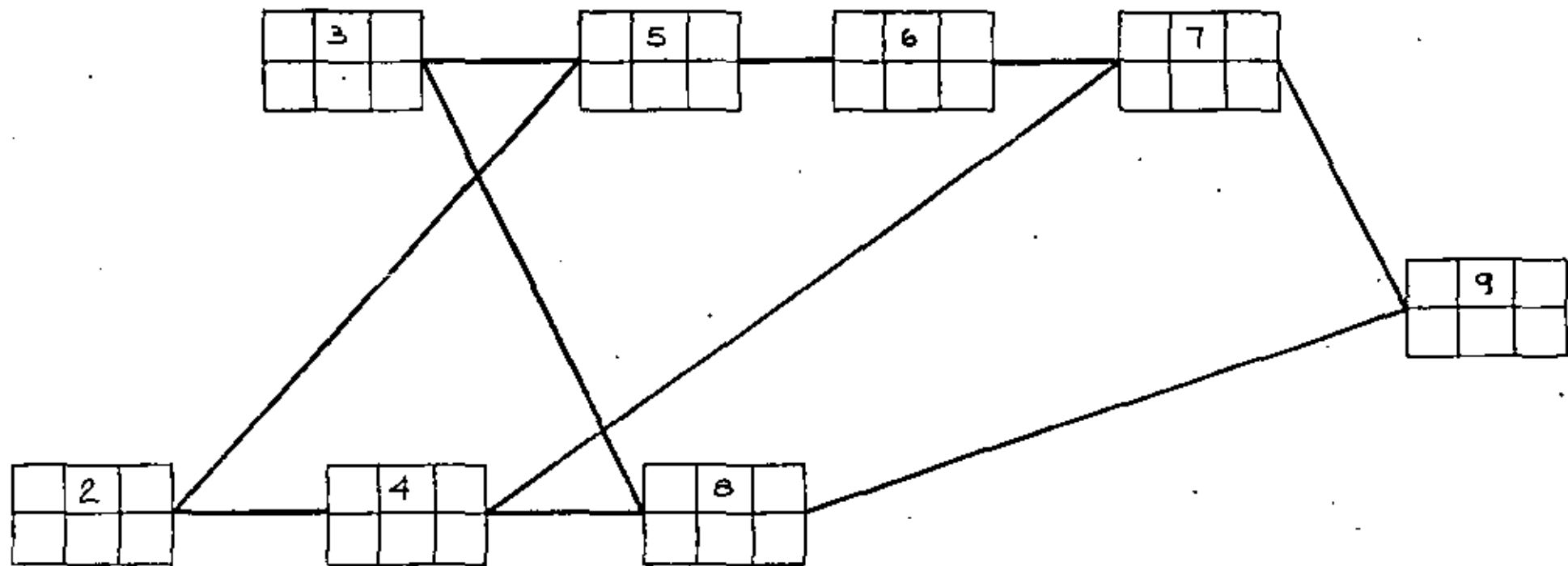
5.- A partir de los siguientes datos, encontrar el programa de obra correspondiente al costo mínimo total del proyecto, suponiendo que los costos indirectos son constantes de \$ 20 000.00 /semana.

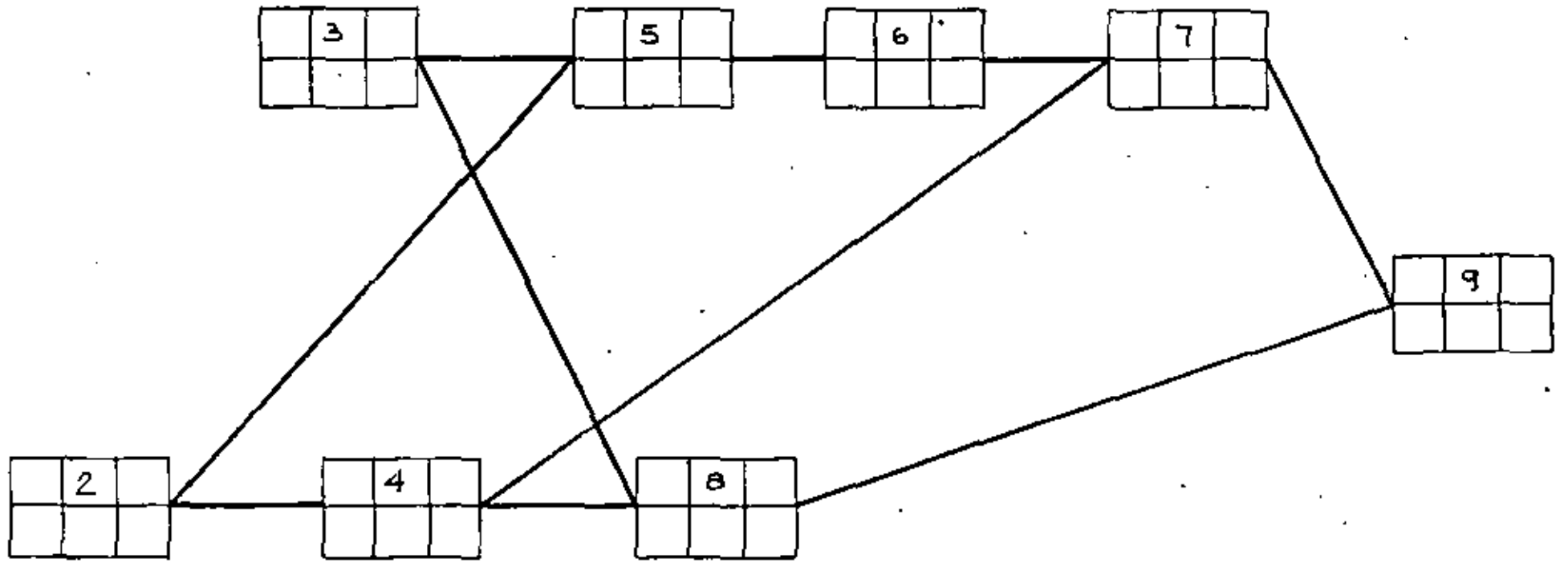
ACTIVIDAD	ACTIVIDAD(ES) PRECEDENTE(S)	N O R M A L		M I N I M O	
		DURACION	COSTO (miles)	DURACION	COSTO (miles)
1	-	10 sem.	\$ 100	6 sem.	\$ 120
2	-	20	150	12	250
3	1	20	250	20	250
4	3	45	200	25	400
5	3,16	24	50	14	110
6	2	34	300	22	500
7	5,6	12	30	8	48
8	6	50	375	31	525
9	4	35	125	27	185
10	7	42	480	24	650
11	8	20	75	12	125
12	8,15	25	350	14	580
13	9,10	15	240	9	360
14	11,12,13	5	20	5	20
15	-	5	420	5	420
16	-	5	250	5	250

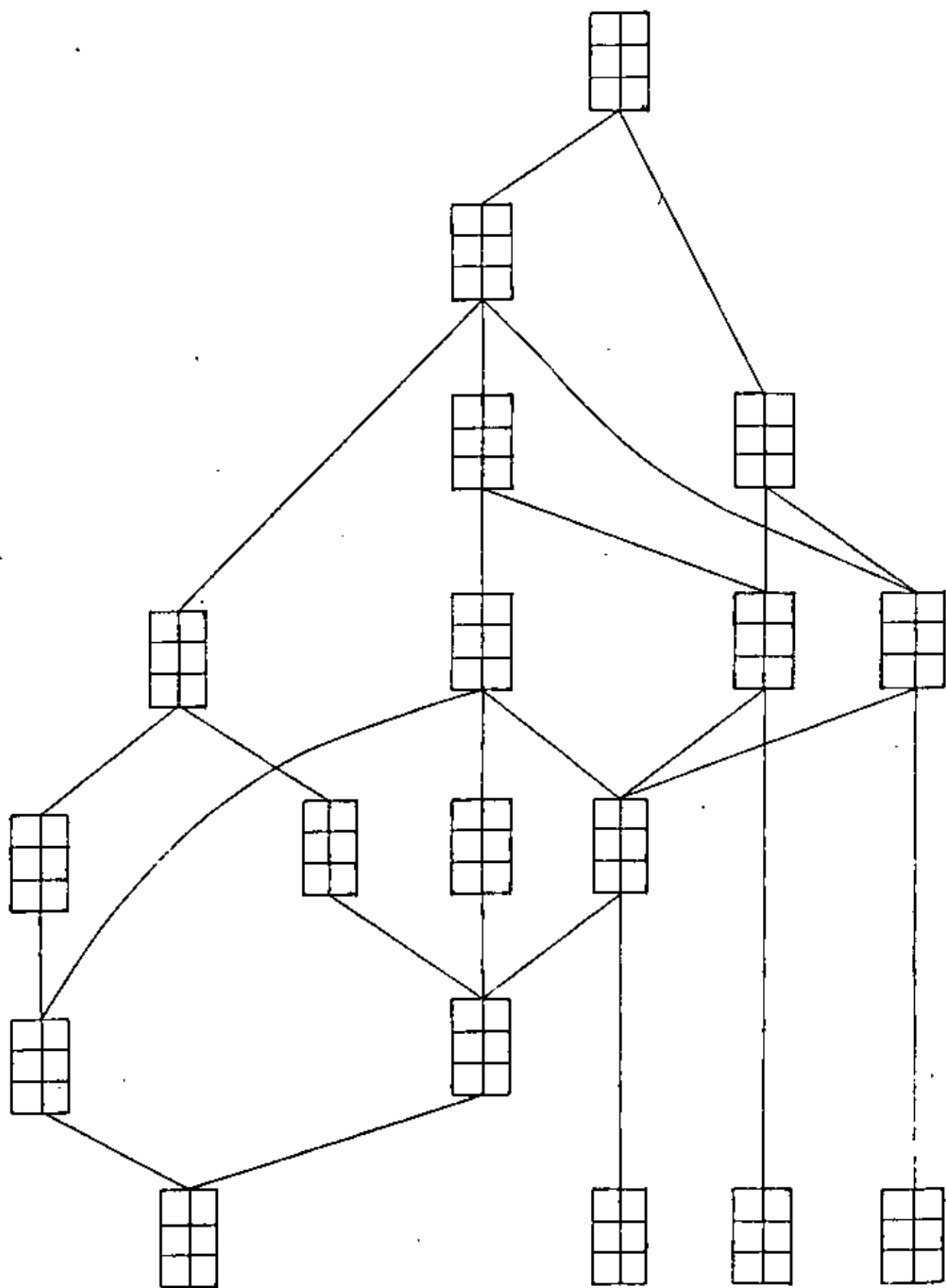
Las actividades 15 y 16 son suministros que normalmente serán entregados a fines de las semanas 80 y 30 , respectivamente. Si se desea, el suministro de la actividad 15 puede ser entregado a fines de la semana 60 y el de la actividad 16 a fines de la semana 20, pero en ambos casos se incurrirá en un costo adicional del 10%



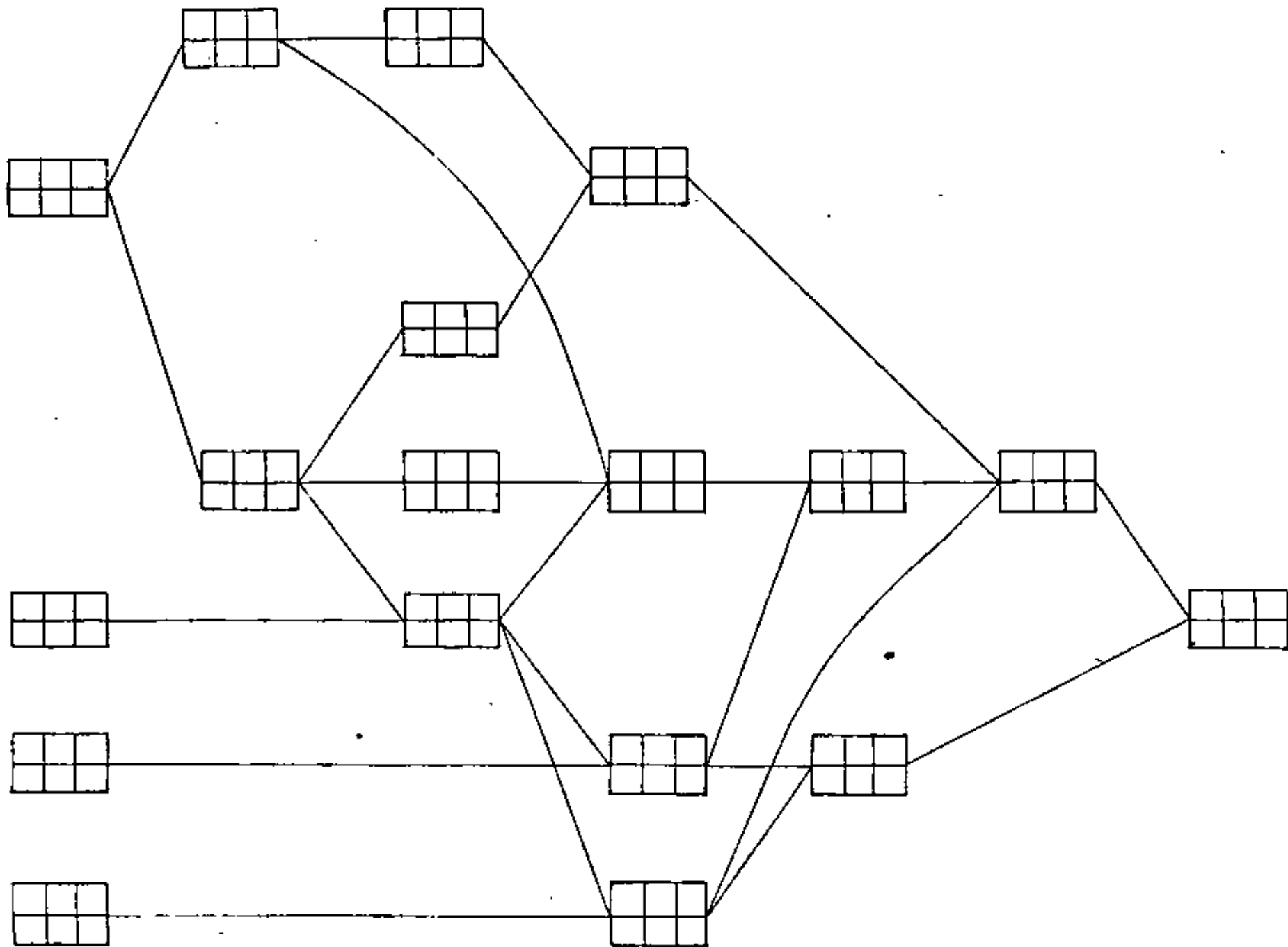


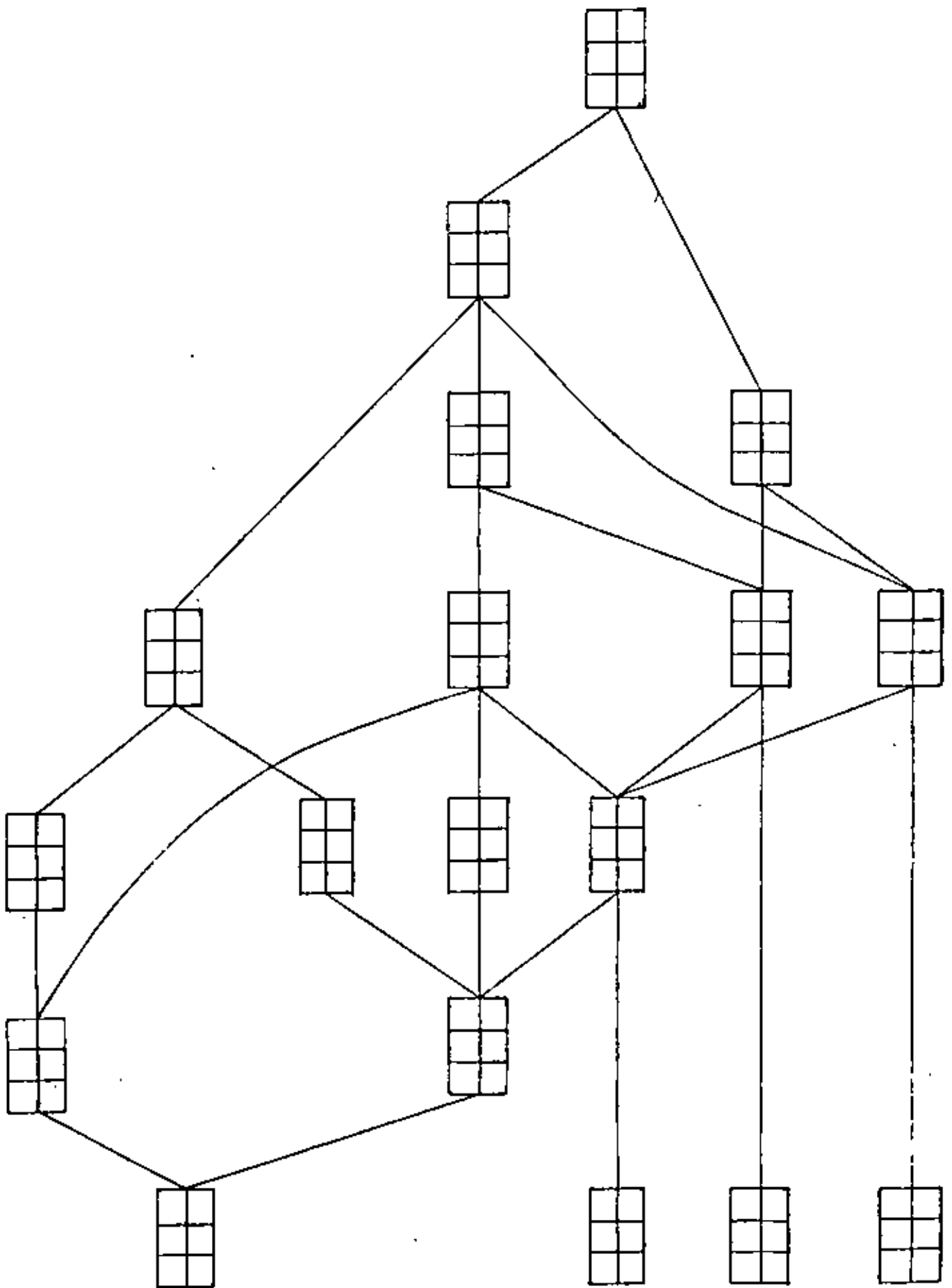




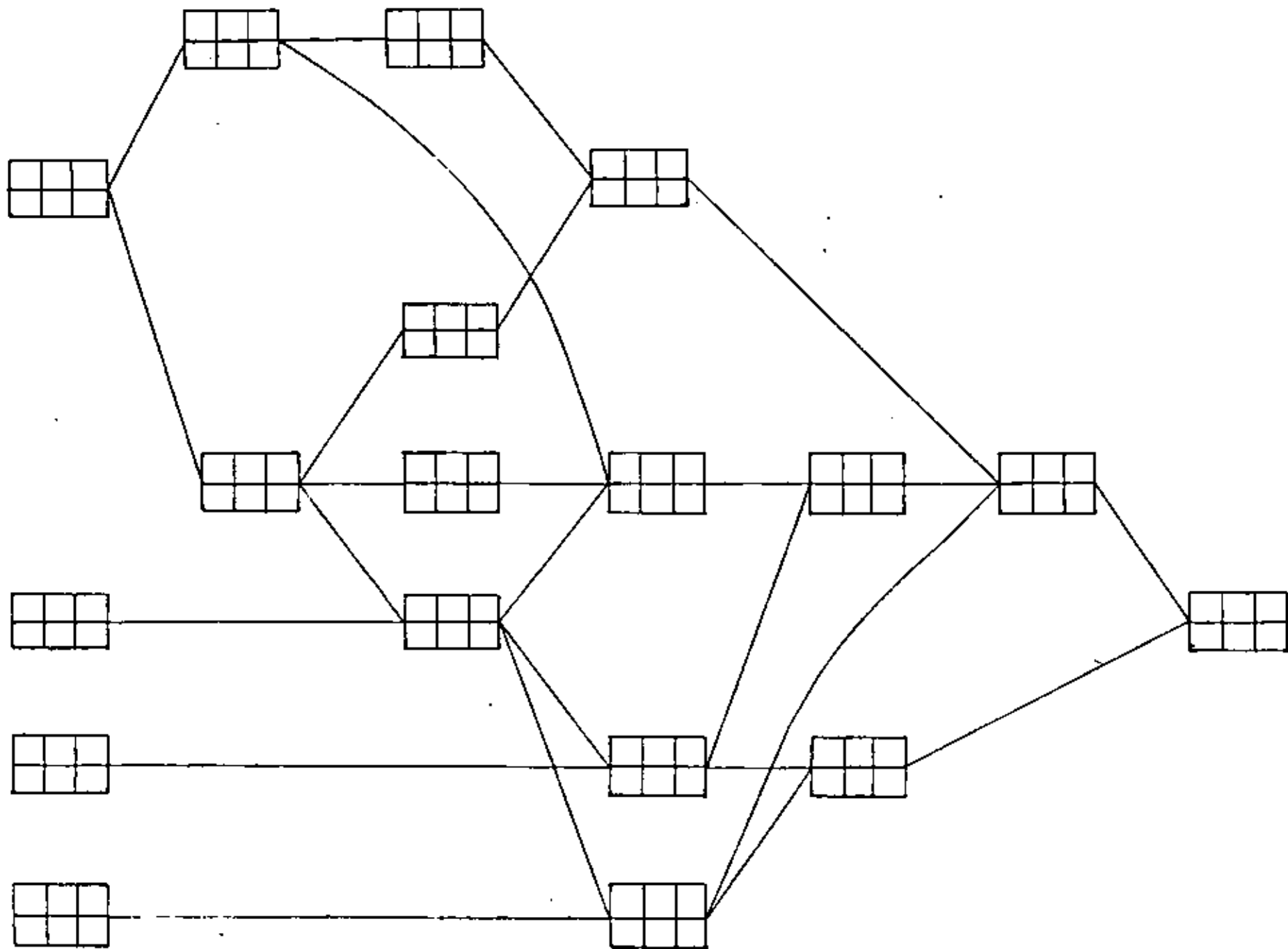


6

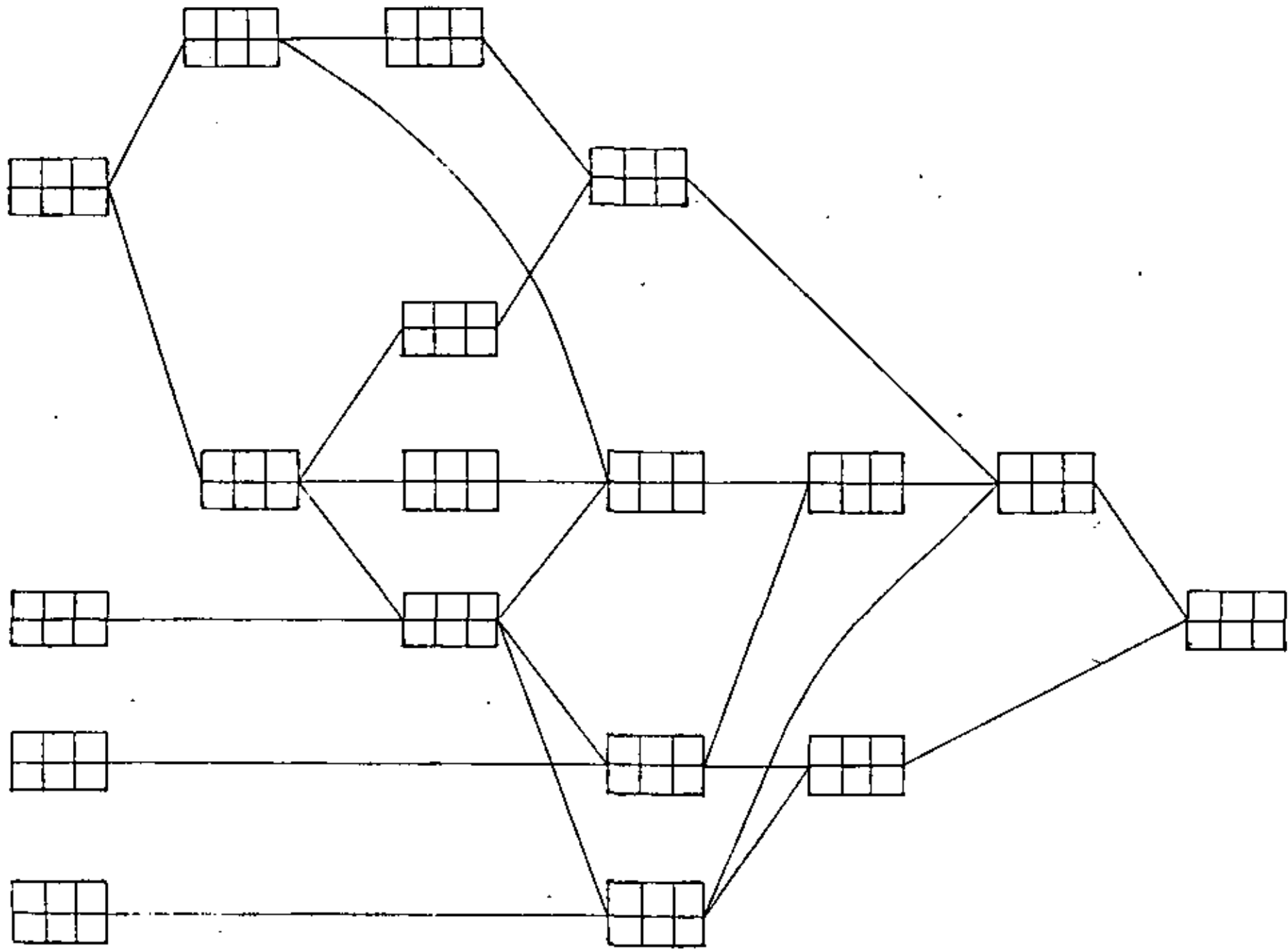




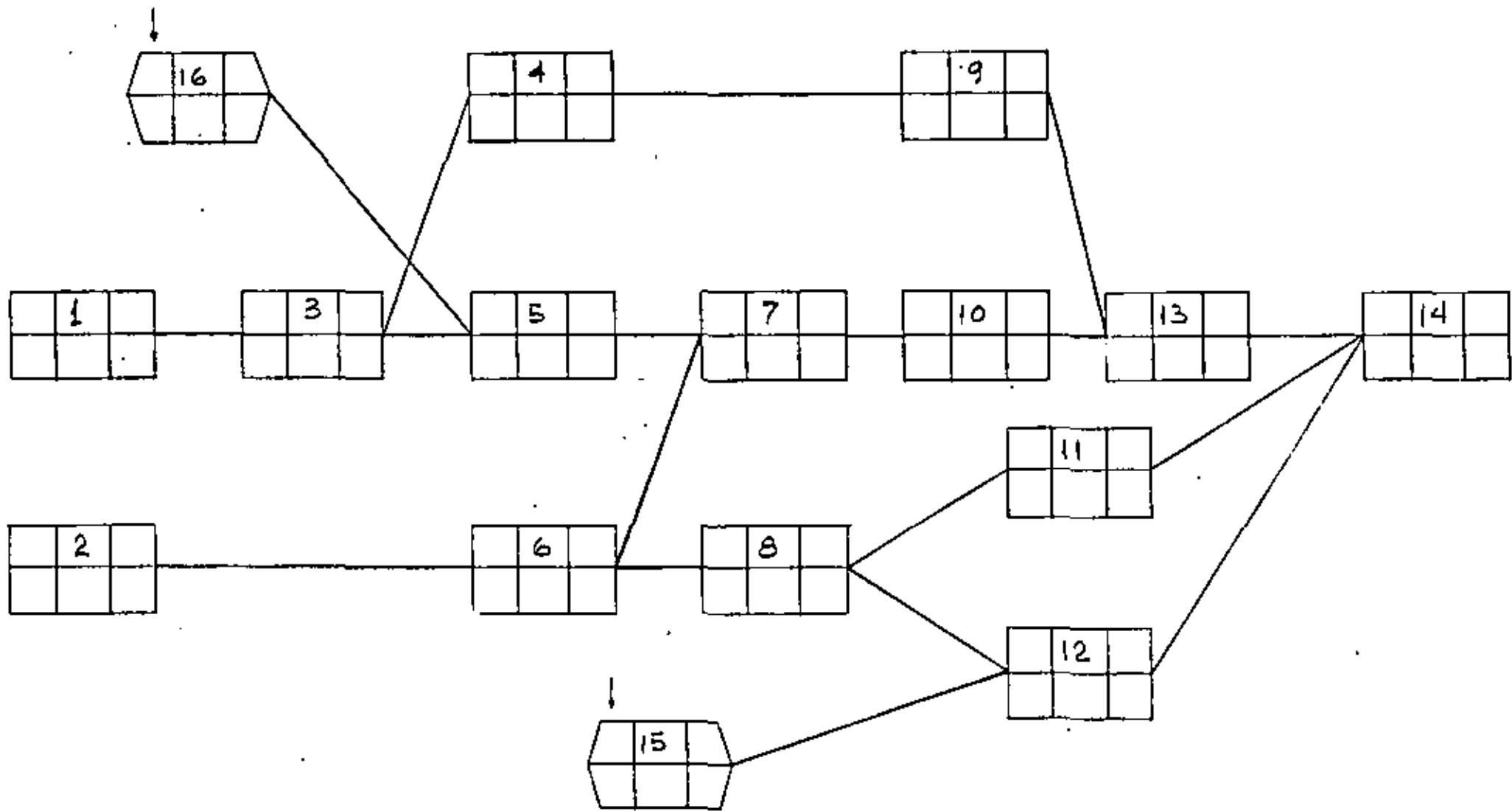
©



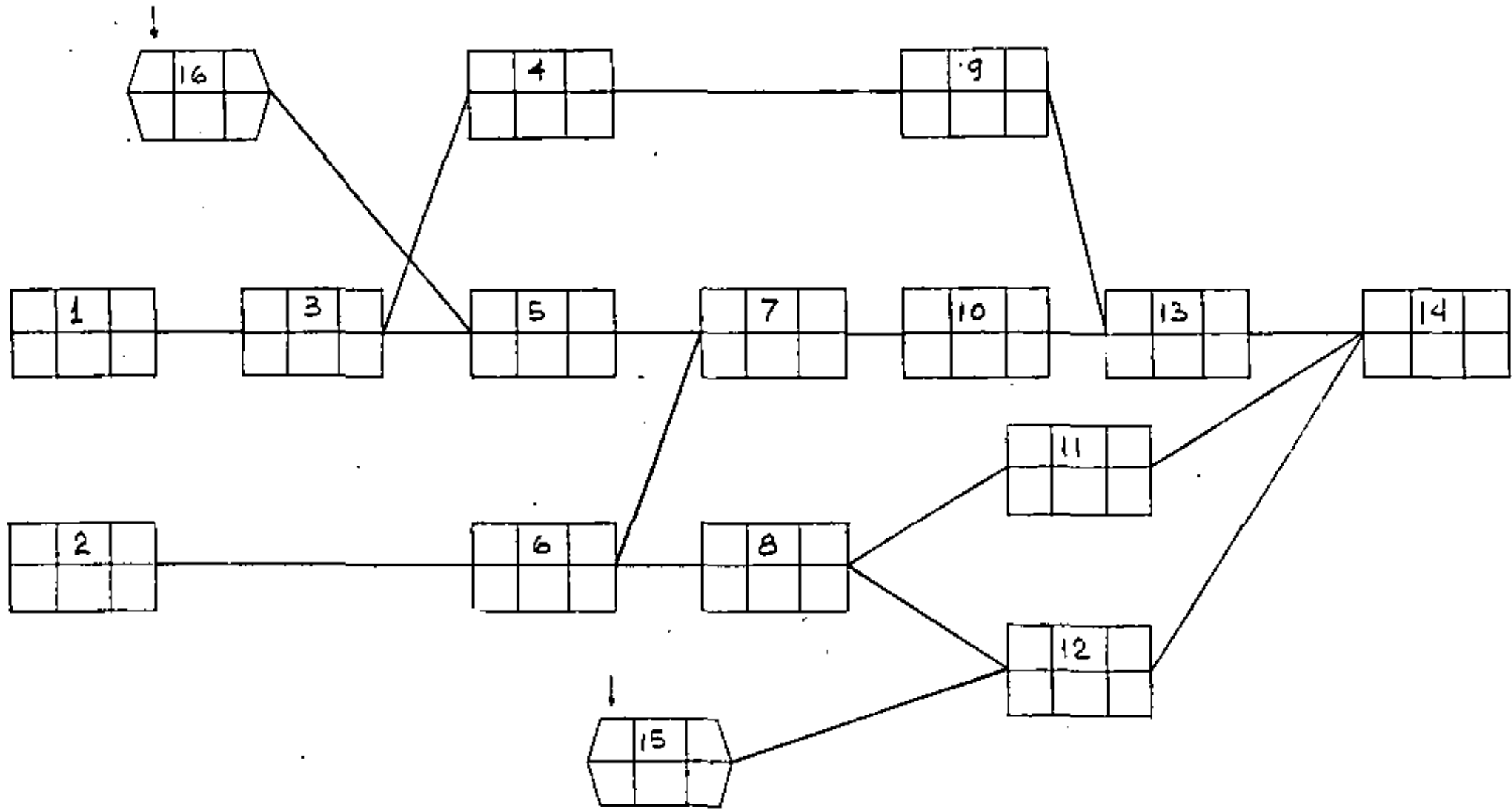
④



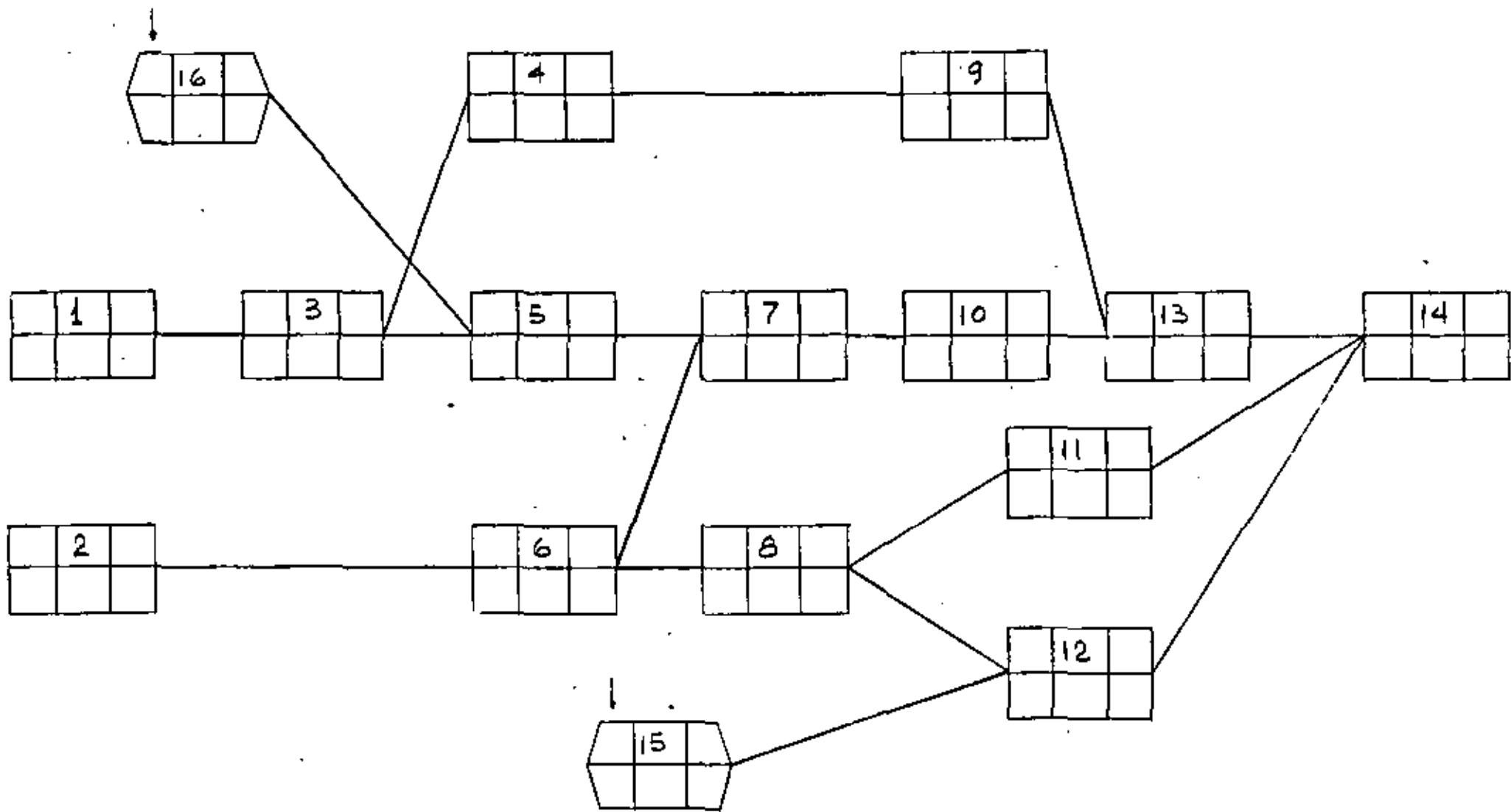
②



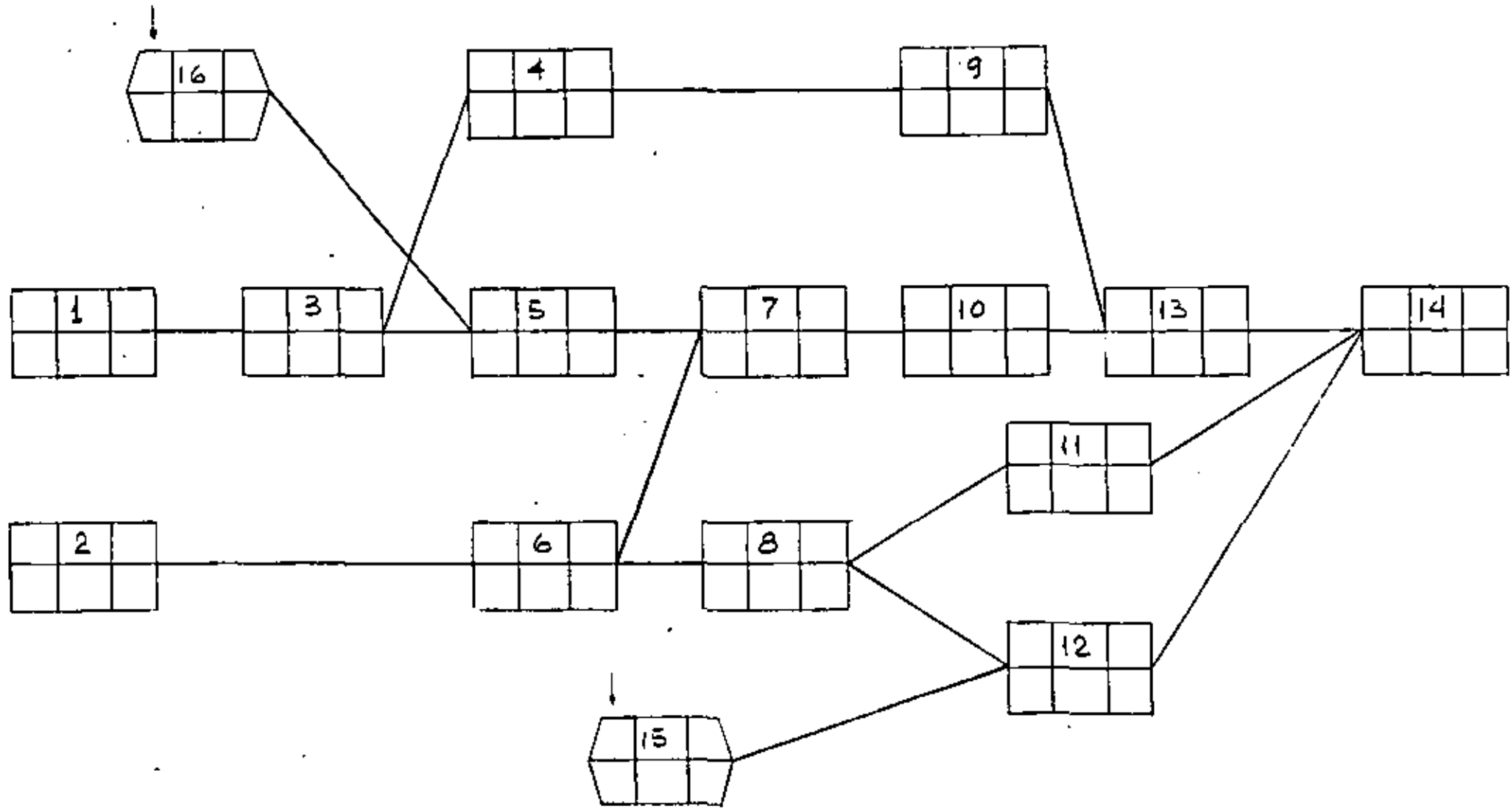
3



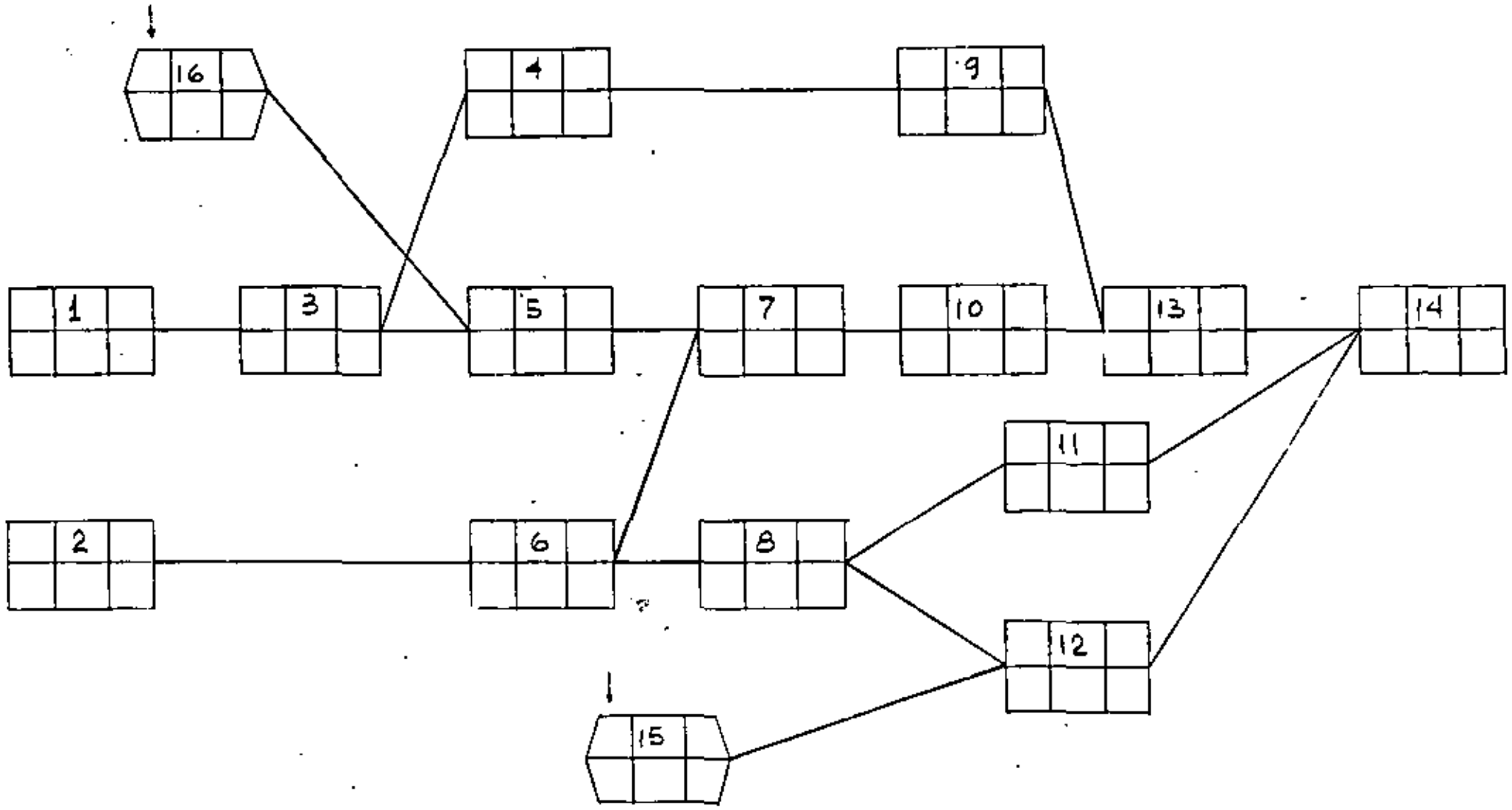
2)



3)

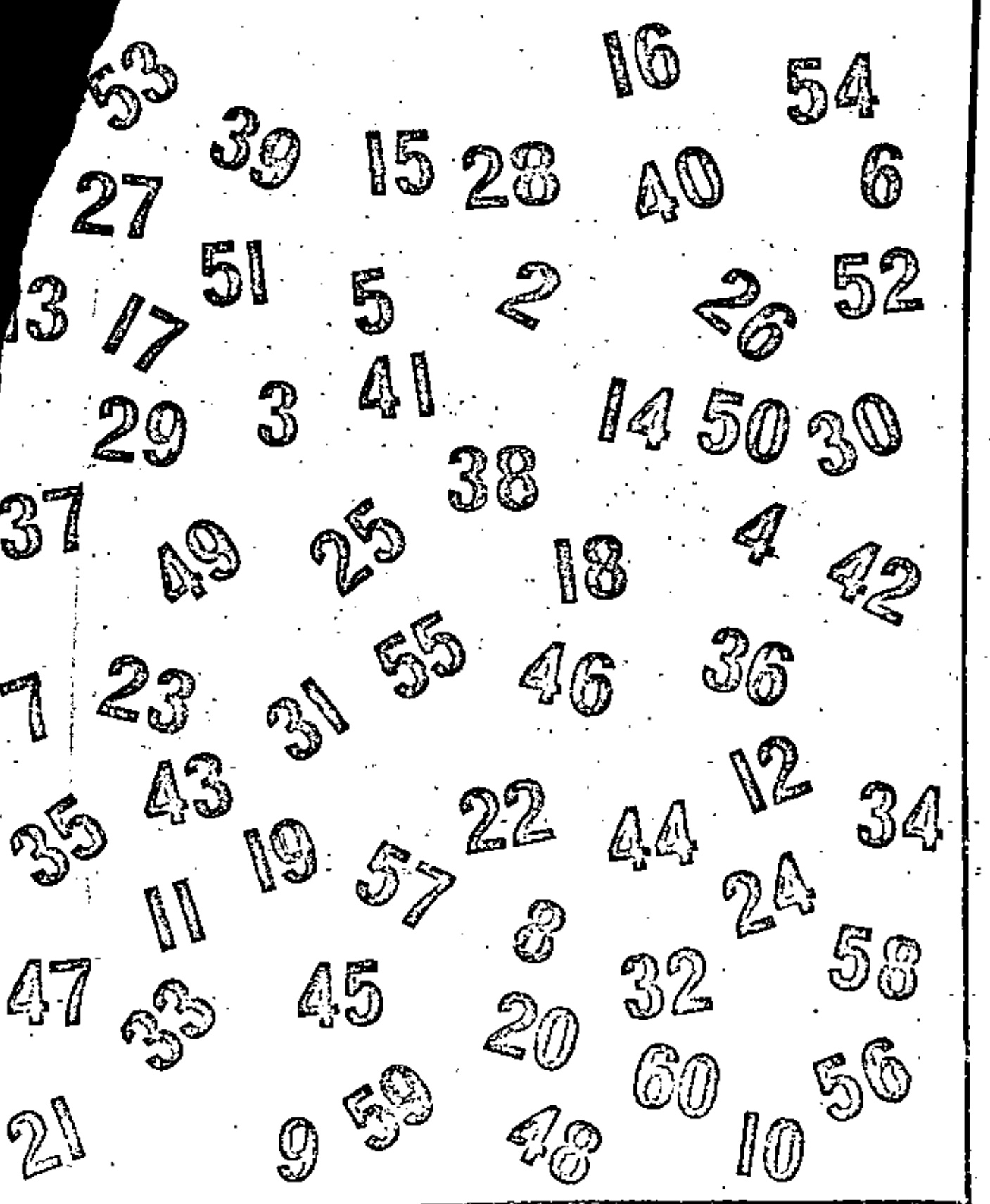


3)

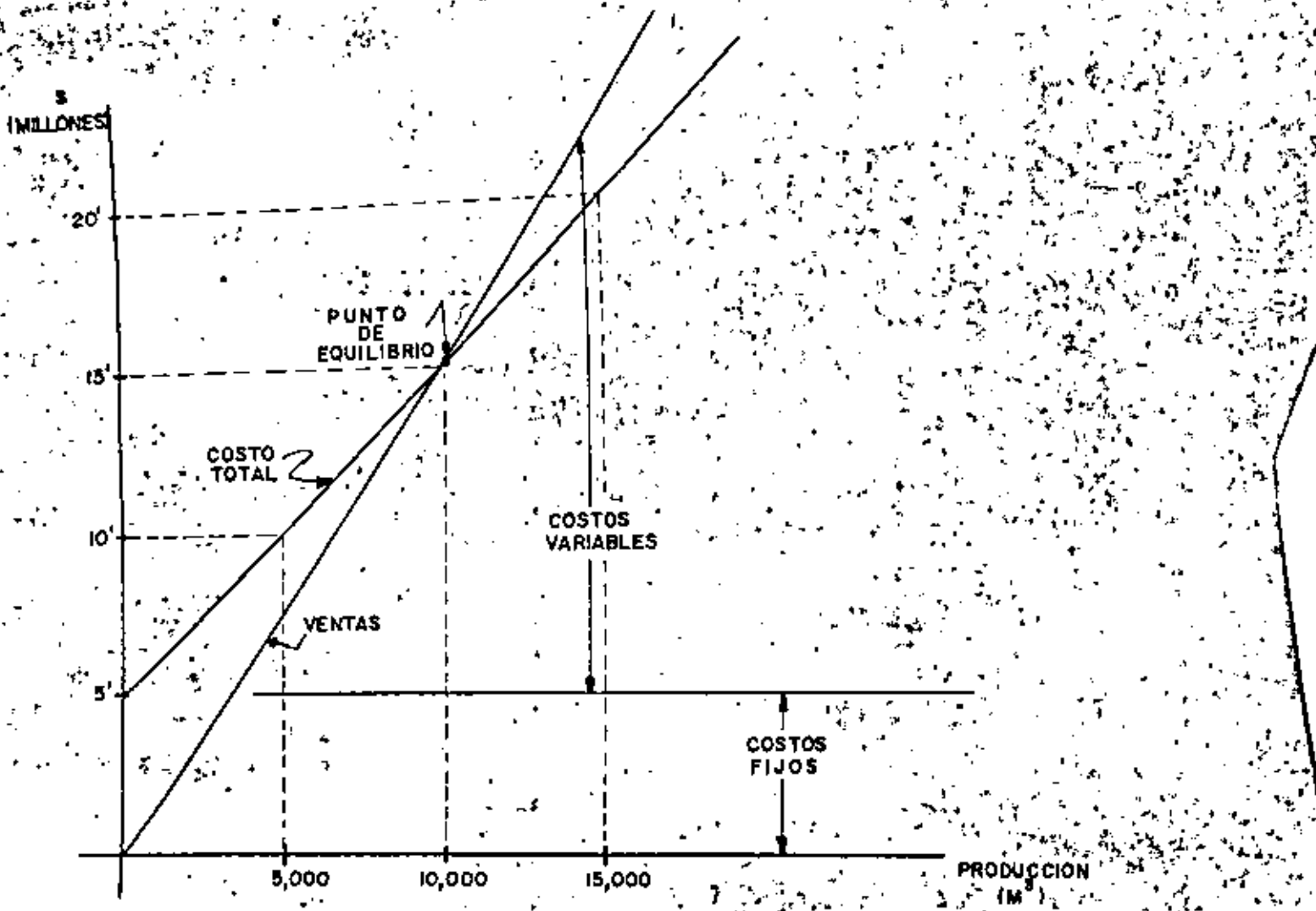


① 53 55 43 24 54
23 // 15 32
13 31 51 5 2 12 52
35 3 41 14 44 34
21 33 25 45 22 36 42
7 27 49 50 46 30
37 19 57 26 38 28 16
47 29 8 18 40 58
17 39 9 59 20 60 56
48 10

v



Encontrar la cantidad mínima de unidades que deberá producirse para no operar con pérdidas, si se tienen costos fijos por \$5 millones y costos de producción que varían a razón de \$1000/M³. Las ventas se estiman en \$1500/M³.



DIRECTORIO DE ASISTENTES.

1. **ALBARRAN CESAR LUIS**
 Ing.
 Supervisor
 INFONAVIT
 Av. Juárez y 11a.,
 Edificio Russek, 2º Piso
 Tel: 2-20-17
- Privada de 5 de Mayo
 2813
 Col. Guadalupe,
 Cd. Chihuahua, Chihuahua,
 Tel: 6-32-11
2. **CEBALLOS JOYA ROBERTO**
 Ing.
 Encargado de Control y Sup.
 de Obras.
 Reforma 1321
 Mexicali B.C.
- Reforma No. 1018
 Mexicali B.C.,
 Tel: 2-90-57
3. **DURAND LEAL PATRICIA**
 Supervisor de Obra
 INFONAVIT
 Barranca del Muerto 280
 Col. Guadalupe Inn,
 México, D.F.
 Tel: 651-94-00
- Cecilio Robelo 469,
 Col. Jardín Balbuena
 México 9, D.F.
4. **FERNANDEZ ALVAREZ GONZALO**
 Arq.
 INFONAVIT
 Encargado de Supervisores
 Avila Camacho 191,
 Xalapa Ver.
- Avila Camacho 167-8
 Xalapa Ver.
 Tel: 8-17-43
5. **GONZALEZ SIMENTAL ISMAEL**
 Ing. Arq.
 INFONAVIT
 Supervisor de Obra
 Barranca del Muerto 280,
 Col. Guadalupe Inn,
 México 21, D.F.
 Tel: 5-81-61-51
- Unidad CTM, Atzacualco
 México 14, D.F.
 Tel: 753-02-24
6. **HERNANDEZ RAMIREZ JOSE LUIS**
 Ing. Topógrafo
 INFONAVIT
 Supervisor de Obra
 Barranca del Muerto 280
 Col. Guadalupe Inn,
 México, D.F.
- Calle Cahitas Manz. 1,
 Lote 74, CTM-5
 Col. San Pco. Culhuacán
 México 21, D.F.

EN

Oaxaca No. 475,
Col. Rep. Ota.,
Saltillo Coah.
Tel: 2-36-51

B. de Obra
ña y Ramón Corona,
Coah.
-40

LORENO GERARDO

Civil

INFONAVIT

Ricarte No. 430,
Col. Lindavista,
México 14, D.F.
Tel: 7-54-16-57

Encargado de Sup. de Obra,
Barranca del Muerto 280
Col. Guadalupe Inn,
México 21, D.F.

15. REYES CRUZ JUAN JOSE
INFONAVIT
Supervisor de Obra
Barranca del Muerto 280
Col. Gpe. Inn,
México 21, D.F.

Edif. 45, Entrada "L"-301
Col. Lindavista Vallejo,
México 14, D.F.
Tel: 5-67-42-05

16. RODRIGUEZ YAREZ JOSE MIGUEL
Arq.
INFONAVIT
Analista de Prod. de Obra
15, Blvd. Praxedis Balboa
No. 110 Sur.
Cd. Victoria, Tam.,
Tel: 2-57-66

15 y 16 R. Balandrano No. 260
Col. Magisterial,
Cd. Victoria, Tam.

17. SALAZAR OLIVEROS CARLOS
INFONAVIT
Enc. de Sup. de Obra
Barranca del Muerto 280
Col. Gpe. Inn,
México 21, D.F.

Callejón del Amanecer # 6
Sta. Cruz del Monte,
Edo. de México
Tel: 5-72-76-08

18. SALINAS VALADEZ RAUL
INFONAVIT
Supervisor de Obra,
Av. Revolución 1884, 3er. Piso,
Col. San Angel,
México, D.F.
Tel: 5-48-61-18

Neptuno 47,
Arcos de la Hacienda,
Cuautitlán Izcalli,

19. SANDOVAL CALDERON JOAQUIN
Químico Metalúrgico
INFONAVIT
Enc. de Sup. de Obra
Calle Bravo No. 1440
La Paz.
Tel: 2-75-55

Colima No. 1725,
Cd. La Paz,
Tel: 2-89-16