



Coordinador: Ing. José Castro Orvañanos.  
Cuota de inscripción: \$2,000.00

La cuota de inscripción incluye:

- una carpeta con las notas de los profesores
- bibliografía sobre el tema
- comidas (cuando sean programadas)
- servicio de cafetería

## CONSTANCIA DE ASISTENCIA

La facultad de Ingeniería de la U.N.A.M., otorgará una constancia de asistencia a los participantes que concurran regularmente y que realicen satisfactoriamente los trabajos que se les asignen durante el curso.

## INSCRIPCIONES

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA  
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES  
FACULTAD DE INGENIERIA, U N A M

Para mayores informes  
Hablar a los teléfonos 521-30-95 y 513-27-95  
Tacuba 5, primer piso, México 1, D.F.

centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam

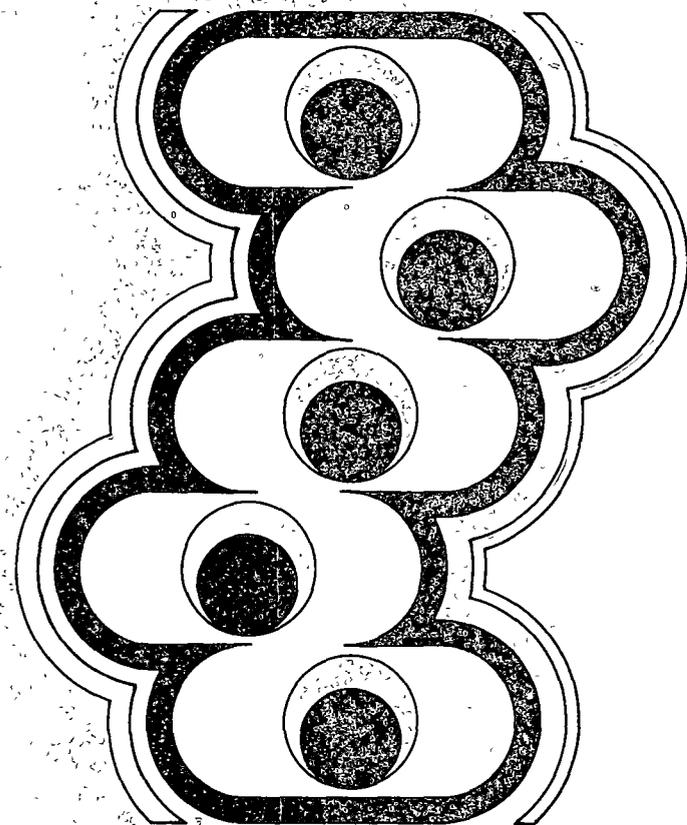
centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam

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

centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam

centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam

Palacio de Minería  
Tacuba No. 5 México 1, D.F.



# programación y control de obras



**CURSO INTENSIVO**

Duración: 39 hs.

Fechas: del 22 de Sep. al 20 de Oct.

Horario: Lunes, miércoles y viernes de 18 a 21 hs.

En colaboración con la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción.

centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



## OBJETIVO GENERAL

El curso estará dirigido a los ingenieros y arquitectos que trabajan en la industria de la construcción.

Los asistentes al mismo serán capaces, a su terminación, de usar el método de la ruta crítica en sus tres fases y aplicar técnicas de análisis de tiempo y movimientos, como herramientas útiles, prácticas y necesarias en la programación y control de sus obras.

## TEMARIO

Visualización del proceso constructivo como sistema.

Planeación de la obra, su importancia y las partes que la integran.

Control, definición y tipos de control.

Interacción: planeación-control.

### PROGRAMACION Y CONTROL DE AVANCE DE OBRA

- El método de la ruta crítica como una herramienta del constructor en la programación y control de avance de las obras.
- EL PERT sus probabilidades como método probabilístico.
- Fase I. Construcción de redes de actividades, notaciones usadas, traslape de actividades.
- Fase II. Obtención de la información que proporciona el método y su representación gráfica.
- Asignación de recursos.
- Programas colaterales de equipo personal, materiales, ingresos-egresos, etc.
- Fase III. Compresión de redes. relación tiempo-costos.
- Aplicación dinámica del método de ruta crítica en la obra.

### ANALISIS DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

- Introducción. Necesidad de asimilación de la metodología en la formación profesional del ingeniero.

- Descripción de las técnicas usadas; sus ventajas y sus limitaciones
- Etapas de la aplicación y diversas formas de llevarlas a cabo.
- El elemento humano como eje del éxito del uso de estos estudios.
- Otras técnicas, complementarias para la obtención de índices de utilización de recursos.

### EJERCICIOS

- Análisis de una situación real de una obra en un momento determinado.

## PROFESORES

Ing. Carlos Naves

Ing. Gabriel Molina

Ing. José Castro Orvañanos

Handwritten text, possibly a list or notes, located in the upper middle section of the page. The text is faint and difficult to decipher.

Handwritten text, possibly a signature or a specific note, located in the middle section of the page.

Handwritten text, possibly a signature or a specific note, located in the lower middle section of the page.

Handwritten text, possibly a signature or a specific note, located in the lower right section of the page.

México, D.F., 1975

ESTIMADOS SEÑORES:

Les suplicamos, de la manera más atenta, se abstengan de introducir vasos y botellas a los salones de clase.

ATENTAMENTE

ING. SALVADOR MEDINA RIVERO  
COORDINADOR DE CURSOS.

SMR'eds.

Handwritten text at the top of the page, possibly a title or header.

Several lines of faint, illegible handwritten text.

Handwritten text in the middle section of the page.

Multiple lines of very faint, illegible handwritten text at the bottom of the page.

**CENTRO DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSO:** \_\_\_\_\_

**TEMA:** \_\_\_\_\_

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_

**ANOTE LAS PREGUNTAS QUE TENGA Y ENTREGUE AL PROFESOR**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS DEL CENTRO DE EDUCACION  
CONTINUA

La Facultad de Ingeniería, por conducto del Centro de Educación Continua, otorga constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso. Las personas que deseen que aparezca su título profesional precediendo a su nombre en el diploma, deberán entregar copia del mismo o de su cédula profesional a más tardar el Segundo Día de Clases, en las oficinas del Centro, con la Señorita Barraza, de lo contrario no será posible. El control de asistencia se efectuará a través de la persona encargada de entregar notas, en la mesa de entrega de material, mediante listas especiales. Las ausencias serán computadas por las autoridades del Centro.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece el Centro están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo para que coordinen las opiniones de todos los interesados constituyendo verdaderos seminarios.

Al finalizar el curso se hará una evaluación del mismo a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos por parte de los asistentes. Las personas comisionadas por alguna institución deberán pasar a inscribirse en las oficinas del Centro en la misma forma que los demás asistentes.

Con objeto de mejorar los servicios que el Centro de Educación Continua ofrece, es importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción con los datos que se les solicitan al iniciarse el curso.

ATENTAMENTE

ING. SALVADOR MEDINA RIVERO  
COORDINADOR DE CURSOS.

Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.  
Teléfonos: 521-30-95 y 513-27-95

2

3

4

PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS

Fecha	Duración	Tema	Profesor
Sept. 22	18 a 21 h	<p>INTRODUCCION</p> <p>Visualización del proceso constructivo como sistema.                      Planeación de la obra, su importancia y las partes que la integran.                      Control, definición y tipos de control.                      Interacción: planeación-control</p>	ING. JOSE CASTRO ORVAÑANOS
Sept. 24, 26 y 29 Oct. 1º 3 y 6	18 a 21 h c/día	<p>PROGRAMACION Y CONTROL DE AVANCE DE OBRA</p> <p>El método de la ruta crítica como una herramienta del constructor en la programación y control de avance de las obras.                      El PERT, sus probabilidades como método probabilístico.                      Fase I. Construcción de redes de actividades, notaciones usadas, traslape de actividades.                      Fase II. Obtención de la información que proporciona el método y su representación gráfica.                      Asignación de recursos.                      Programas colaterales de equipo personal, materiales, ingresos-egresos, etc.                      Fase III. Compresión de redes: relación tiempo-costos.                      Aplicación dinámica del método de ruta crítica en la obra.</p>	ING. CARLOS NAVES
Oct. 8, 10, 13, 15, 17	18 a 21 h c/día	<p>ANALISIS DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS</p> <p>Introducción. Necesidades de asimilación de la metodología en la formación profesional del ingeniero.</p>	ING. GABRIEL MOLINA

PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS

Fecha	Duración	Tema	Profesor
Octubre 20	18 a 21 H	Descripción de las técnicas usadas; sus ventajas y sus limitaciones. Etapas de la aplicación y diversas formas de llevarlas a cabo. El elemento humano como eje del éxito del uso de estos estudios. Otras técnicas, complementarias para la obtención de índices de utilización de recursos.	ING. JOSE CASTRO ORVAÑANOS
		EJERCICIO Análisis de una situación real de una obra en un momento determinado.	

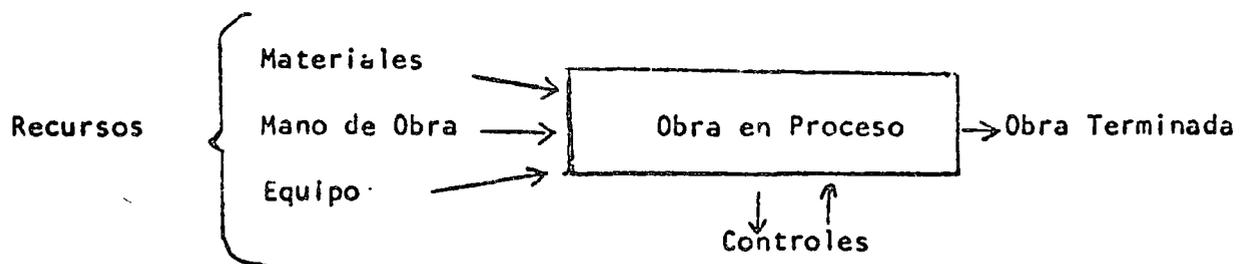
## CONTROL

En virtud la complejidad intrínseca de la industria de la construcción, la cantidad de imponderables, el monto de dinero que se maneja, etc., se considera que la etapa de control es vital para este tipo de actividad, ya que no es posible esperar algún tiempo después del término de una obra, para saber si se lograron o no los objetivos previstos, sino que será indispensable revisar a todo lo largo del desarrollo de la obra si lo que inicialmente planeamos, programamos y presupuestamos fue correcto o se está cumpliendo, con el objeto de hacer oportunamente las correcciones, cambios de política, etc., que sean pertinentes. En otras palabras, el control no es más que un sistema de alarma que permite detectar cuando algo no funciona según lo previsto.

En general existen tres tipos de control:

- 1.- Administrativo (presupuesto)
- 2.- De avance de obra ( programa )
- 3.- De calidad (especificaciones)

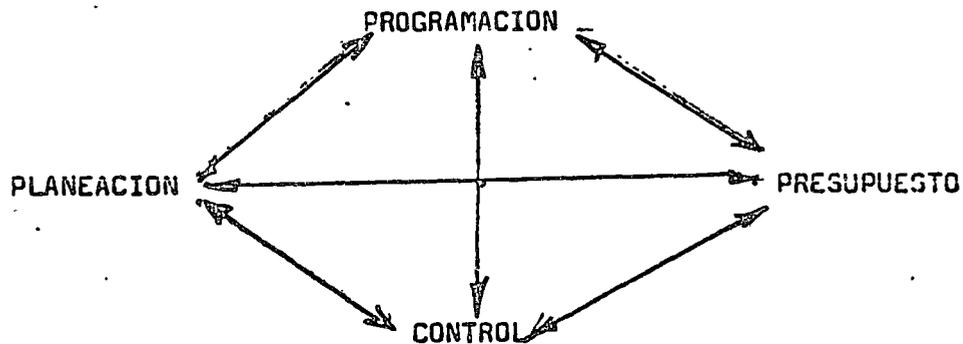
Los tres constituyen propiamente un sistema de retroalimentación, ya que los resultados que se van obteniendo en el proceso de la obra, se comparan con el "estándar" previsto. ( Es obvio que la calidad del control será función de los "estándares" de comparación que son presupuesto, programa y especificaciones).



## • INTRODUCCION

Dada la complejidad y la competencia que existe en la actualidad en el campo de la industria de la construcción, es de definitiva importancia que la elaboración y ejecución cuidadosa de la planeación, programación, presupuestos y control de obra, se realice en forma integral bajo una misma política general.

No es posible pensar en la elaboración racional de un presupuesto, si éste no está basado en experiencias reales obtenidas con anterioridad, así como tampoco es posible hablar de un control efectivo de una obra si no se está trabajando con los elementos integrantes del presupuesto y programa respectivos; y ni siquiera poder contar con un presupuesto y programa si no se ha trabajado previamente en la planeación de la misma.



Trataremos pues de desarrollar los diversos temas, sin olvidar en ningún momento que todos están íntimamente ligados entre sí, y que el menospreciar u olvidar alguno de ellos, sólo conduce al fracaso en forma irremediable.

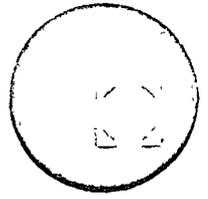
Como fuente de información básica para los dos primeros controles será necesario contar con el avance de obra a determinada fecha.

Es recomendable determinar con cuidado el grado de control que se quiera establecer para cada obra, ya que un control exageradamente detallado será innecesario y costoso, y viceversa, un control exageradamente superficial no cumplirá con los objetivos propios para los que se establecen los sistemas de control.



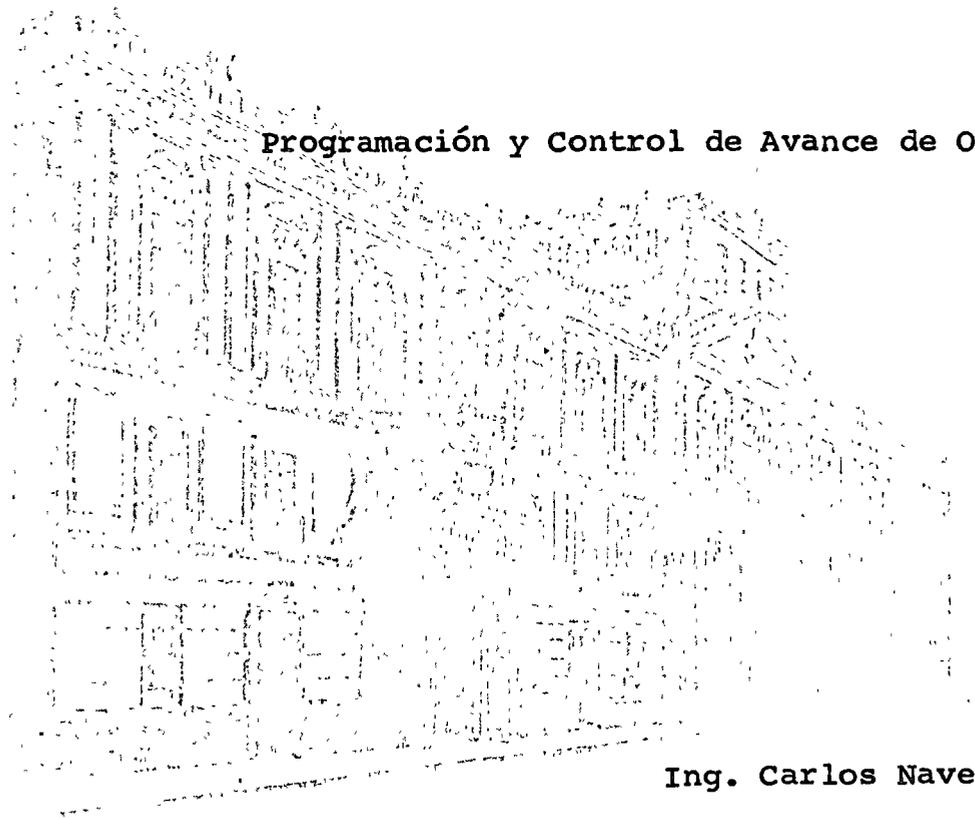


centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



**PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS**

**Programación y Control de Avance de Obra**



**Ing. Carlos Naves**

## PROGRAMACION Y CONTROL DE AVANCE DE OBRA

La planeación y control de actividades, son funciones que se requieren en la mayoría de las Industrias. Una técnica para desarrollar esas funciones es la ruta crítica (C.P.M.).

La que analizaremos nosotros es lo concerniente a la aplicación de la ruta crítica (C.P.M.) a la planeación, programación y control de proyecto de construcción.

Un proyecto de construcción se puede subdividir en un número separado de etapas u operaciones necesarias para terminar el trabajo. Cada una de estas etapas se puede hacer en varias combinaciones de métodos o formas (habilidad de la mano de obra, tamaño de la cuadrilla, equipo y horas de trabajo). Hay que escoger la mejor combinación en cada etapa del trabajo, la más barata para que la suma de todas las etapas de el trabajo más económico.

El tiempo es una variable esencial, ya que todos los costos varían con el tiempo. Tenemos que el costo directo tiende a disminuir entre más tiempo se tenga para hacer el trabajo, mientras que los costos indirectos tienden a subir mientras más tiempo se emplee para hacer el proyecto. Esto nos indica que hay una combinación entre el costo directo y el indirecto que nos da el menor costo.

El problema no es sencillo, cada actividad en un proyecto se puede hacer de diferente manera, a diferentes costos y en tiempos distintos. El problema sería sencillo si el tiempo total de construcción del proyecto no importara, en ese caso, cada actividad se haría de tal manera que arrojara el mínimo costo directo; pero esto no es real. Lo que normalmente nos importa es el tiempo total y el costo total.

Acelerar cualquier actividad normalmente resulta en aumentos - del costo directo. Acortar el tiempo de una actividad puede solamente incrementar el costo directo sin disminuir el tiempo - total de duración de la obra.

El método de la ruta crítica es usado en diversas industrias , dentro de la Industria de la construcción es bueno tanto para obra de Edificación como para la obra de tipo pesado (terrace-rías , presas , caminos, etc. etc. ).

### H I S T O R I A

Los conceptos básicos de la ruta crítica (C.P.M.) han sido de-sarrollados desde 1956 . Hubo dos trabajos iniciales en para-lelo, pero diferentes entre sí, uno es un método probabilísti-co y otro es un método determinístico.

El método probabilístico es conocido como PERT (Program Evalua-tion Research Task ), fue desarrollado por encargo de la Mari-na de los EE UU para usarlo en el programa Polaris.

Considera tres tiempos : uno optimista, uno pesimista y otro me-dio.

El PERT no considera costos.

El método determinístico es mejor conocido como C.P.M. o ruta-crítica ( Critical Path Method ). La Dupont encargó un progra-ma a la Sperry Pard Corporation; y el método fue llamado - -- Project Planing and Scheduliy Sistem y fue un éxito. Este tra-bajo fue hecho para llevar el control y programa de diversas - plantas de la Dupont ; así como su operación o mantenimiento.

## EL METODO DE LA RUTA CRITICA ( C.P.M.)

El método de la ruta crítica está dividido en tres diferentes - fases: a continuación describiremos brevemente cada fase antes de pasar a analizar cada una.

FASE I .- Es la construcción o representación del diagrama o red de actividades, sin esta primera fase no es posible hacer la segunda y la tercera fase. Esta fase inicial es muy útil aunque no se realicen las fases posteriores, ya que se visualizan todas las actividades por hacer, así como sus secuencias.

FASE II .- Es el cálculo de la información necesaria para el control del programa. En esta fase es donde se localizan las actividades que son críticas, así mismo es la fase donde se conoce la duración total - del proyecto, con las holguras de las actividades. Toda la información que se obtiene en esta fase es útil, tanto para el control de la obra como para la planeación de la misma. El conocimiento de las holguras de las actividades nos permite balancear en una obra nuestras necesidades de personal y equipo.

FASE III .- En esta fase se introduce la variable tiempo-costos por lo tanto se alimenta esta fase con datos de costo directo de obra. El objetivo de esta fase es determinar el programa de obra o duración de la misma que nos de el mínimo costo total de la obra.

## F A S E I

Para hacer el diagrama o red de actividades de cualquier obra , el proyecto tiene que ser analizado y dividido en todas las partes que lo componen.

En el diagrama o red de actividades debemos de indicar las secuencias de la obra, es decir , indicar que actividades tienen que estar terminadas para empezar otra.

La elaboración y análisis de esta fase , es el trabajo más importante y probablemente el más difícil.

El grado de detalle para descomponer el proyecto en actividades, dependerá de las necesidades nuestras, tomando en cuenta el control que necesitemos y el volumen de obra que se tenga.

Para descomponer el proyecto en sus actividades, se necesita definir cuidadosamente las secuencias de las actividades. Algunas actividades deben hacerse antes que otras, otras deben hacerse después, y algunas se pueden realizar simultáneamente sin ninguna dependencia. Cada actividad debe tener un comienzo definido, puede ser el comienzo de la obra o la terminación de una o varias actividades. Considerando que la terminación de una actividad puede ser el inicio de otra, no es posible la interpolación, -- cuando sea necesario hacer la interpolación deberá dividirse en porcentajes.

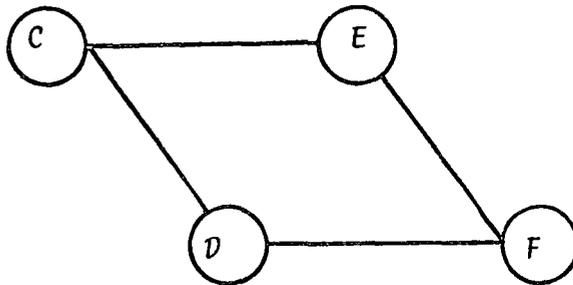
Como ejemplo de lo anterior :

Supongamos que para hacer una barda debemos terminar la cimentación de la misma.



A Nos representa la cimentación de la barda y B la hechura de la barda.

Pero si consideramos que la barda es muy grande y que para hacer el trabajo lo dividiremos en dos partes, tendremos que introducir C, D y E, F.



C.- Cimentación 50 %

D.- Cimentación 100 %

E.- Barda 50 %

F.- Barda 100 %

Lo anterior lo representamos con la notación de nodos o círculos con líneas de conexión. Existe otra notación, que es la de las flechas.

Para hacer la red de actividades, hay dos preguntas que ayudan a hacerla :

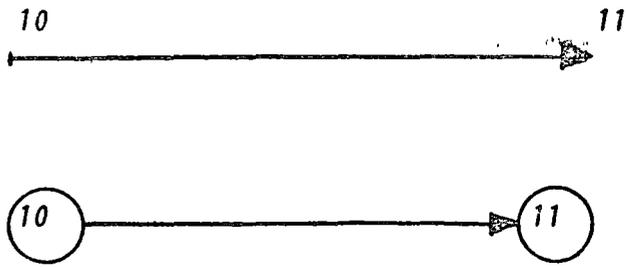
- ¿ Qué actividades deben estar terminadas para poder empezar esta actividad ?.
- ¿ Podría iniciarse la actividad antes de terminar -- las actividades que le preceden ?

### TIPOS DE NOTACIONES O DIAGRAMAS

Las dos notaciones más comunes son las de flechas y la de nodos.

#### Notación de Flechas :

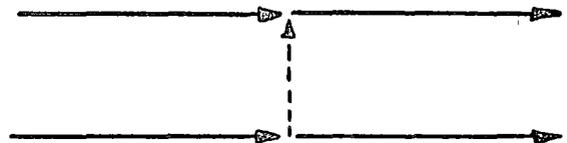
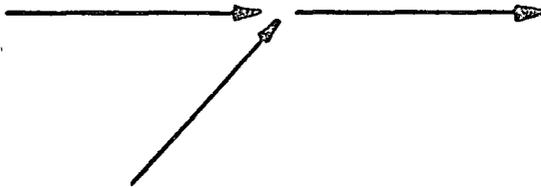
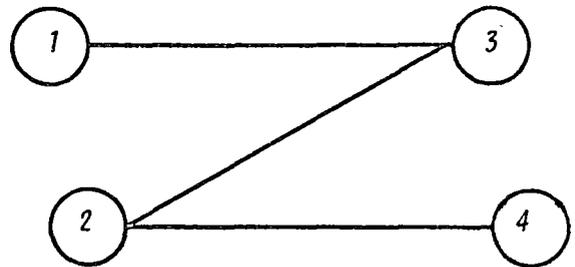
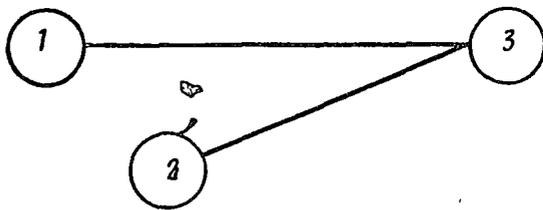
En la notación de flechas, cada actividad está representada por una flecha, en la que la punta quiere decir la terminación de la actividad, y el principio o cola de la flecha indica el inicio de la actividad.



En esta notación es necesario el uso de actividades ficticias. Una actividad ficticia tiene duración de cero, y se necesita emplear para indicar las procedencias correctas.

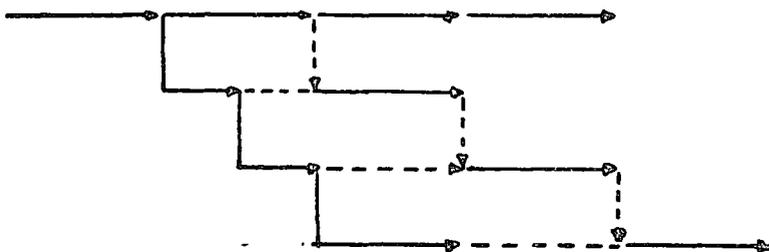
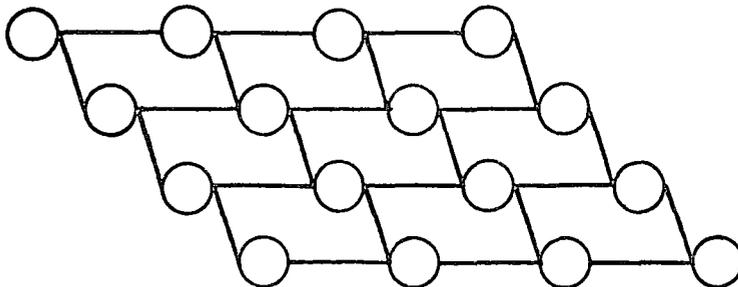
Su forma de indicarla es la siguiente : 

Analicemos un ejemplo gráfico :



Veamos otro ejemplo :

Si tenemos una vía rápida elevada con cuatro claros y vamos a ir haciendo cada uno de los claros por partes, tendremos lo siguiente :



Debemos considerar que en el diagrama de flechas, tan malo o incorrecto es poner menos como poner más actividades ficticias de las que se necesitan.

El diagrama de nodos es más fácil revisarlo que el de flechas. Esto es fácil determinarlo por varias razones : si una nueva actividad es detectada y se desea introducir, se puede hacer sin ningún problema, no así en la notación de flechas. Así mismo para quitar una actividad es más sencillo en el diagrama de nodos que en el de flechas.

Factores que se deben tomar en cuenta en la elección del diagrama o red de actividades :

- 1) Simplicidad
- 2) Fácil revisión
- 3) Identificación de actividades
- 4) Adaptabilidad a computadoras
- 5) Diagrama con escala tiempo
- 6) Que sea comunmente usado

#### CONSTRUCCION DEL DIAGRAMA

El diagrama debe ser hecho o dibujado en la planeación original del trabajo. Es una ayuda o guía para revisar el plan de trabajo, revisar los sistemas a emplear; las duraciones; las secuencias, balancear nuestros recursos, etc.

Ejemplos o ejercicios :

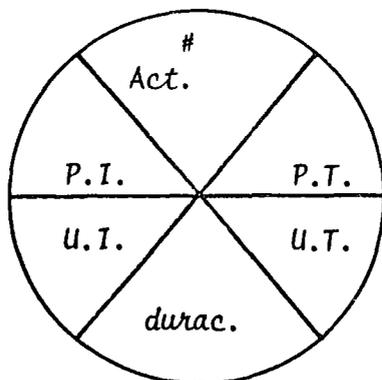
## F A S E II

En esta fase de la ruta crítica, se realizan todas las mecanizaciones necesarias, para poder conocer el tiempo total de duración del proyecto, así como la ruta crítica. También en esta fase se calculan las holguras de las actividades.

Como dato adicional a la fase I, es necesario conocer la duración en días de cada actividad.

Para realizar todos los cálculos y tabulaciones necesarias lo haremos considerando un diagrama o red de actividades por nodos, ya que en la fase I, analizamos que era el diagrama más sencillo.

### NOMENCLATURA Y DEFINICIONES



# Actividad .- Identificación numérica de la actividad.

P.I. - Primera fecha de inicio

U.I. - Última fecha de inicio

P.T. - Primera fecha de terminación

U.T. - Última fecha de terminación.

H.T. - Holgura total

H.L. - Holgura libre

H.I. - Holgura con interferencia

H.P. - Holgura particular (lag).

Holgura Total (H.T.)<sub>A</sub> . La holgura total de la actividad A es el tiempo que puede ser pospuesta la terminación de la actividad A, sin que se modifique la fecha de terminación de la obra.

Holgura libre (HL)  $A$  .- La holgura libre de la actividad A, es el tiempo que puede ser pospuesta la terminación de la actividad A, sin que se modifique la fecha de inicio de ninguna de las actividades subsecuentes.

Holgura con interferencia (H.I.)  $A$ .- La holgura con interferencia de la actividad A, es el lapso de tiempo que puede ser pospuesta la terminación de la actividad A, sin que se modifique la fecha de terminación de la obra, aunque modificando por lo menos el inicio de una de las actividades subsecuentes.

Holgura particular (H.P.)  $A-B$ .- La holgura particular de las actividades A y B, es el lapso de tiempo que puede ser pospuesta la terminación de la actividad A, sin afectar la fecha de inicio de la actividad B.

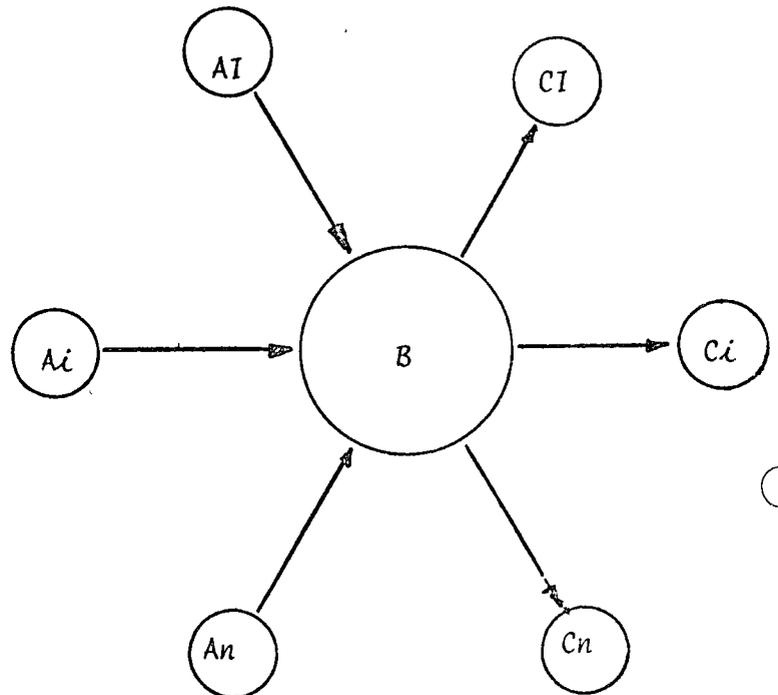
Una actividad crítica, es aquella cuya holgura total es cero.

Ruta crítica, es el conjunto de actividades críticas que determinan la duración de la obra.

FORMULAS :

- (P.I.) B = Mayor (PT)  $A_i$
- (P.T.) B = (P.I.) B + (duración) B
- (U.I.) B = (U.T.) B - (duración) B
- (U.T.) B = Menor (U.I.)  $C_i$
- (H.T.) = (H.L.) B + (H.I.) B
- = (U.T.) B - (P.T.)
- = (U.I.) B - (P.I.) B
- (H.P.) B- $C_i$  = (P.I.)  $C_i$  - (P.T.) B
- (H.L.) B = Menor (H.P.) B- $C_i$

Ejercicios y ejemplos .



### F A S E III

#### Tiempo costo y Compresión de redes.

En la fase III introducimos la variable costo, y con ello - trataremos de obtener el tiempo de ejecución de la obra que nos de el menor costo total.

En esta fase, se calcula la curva costo directo contra tiempos de ejecución del proyecto.

La compresión de redes consiste en reducir su duración total por medio de la reducción de las duraciones de las actividades que constituyen la red. La compresión de redes puede resultar de gran utilidad cuando se presenten los siguientes ca sos :

- a) Cuando se pretenda reducir la duración total de la obra, - porque el cliente desea una fecha más cercana.
- b) Cuando sea conveniente reducir la duración total de la obra hasta encontrar la combinación de costos totales ( costo di recto + costo indirecto ) óptima. Como sabemos el costo indirecto acumulado está en función del tiempo es decir a mayor duración del proyecto, mayor será el costo indirecto.
- c) Cuando requerimos acelerar algunas actividades contenidas en la ruta crítica , para absorber algún retraso imputable a otra actividad también crítica.

Analizaremos ahora como se lleva a cabo la compresión de una actividad. Toda actividad al realizarse cuenta con varios factores que determinan su costo, entre ellos podemos mencionar el volúmen a realizar, el equipo humano ó mecánico para realizarlo, el tiem po necesario para realizarlo y el espacio permisible para realizar esa actividad.

La representación gráfica de esta aceleración está dada por -  
la figura No. 1

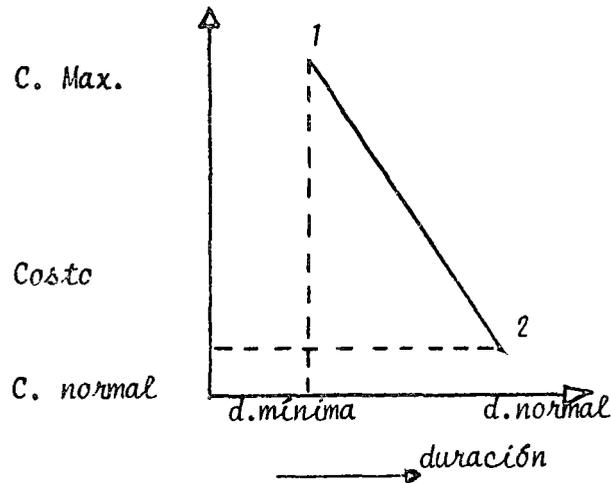


Fig. No. 1

Obtengamos ahora el valor del incremento de costo (AC) por -  
unidad de tiempo (AD)

$$\frac{AC}{AD} = \frac{C \text{ Máximo} - C. \text{ normal}}{d \text{ normal} - d. \text{ mínimo}} \quad (1)$$

La recta representada en la figura 1, es una aproximación del -  
incremento de costo en función de la reducción de tiempo y debe  
tomarse como tal, ya que en la práctica muchas veces el incre -  
mento de costo sigue un comportamiento no lineal o se reduce a -  
puntos aislados, en donde la ecuación (1) no es aplicable.

Para comprimir la red de actividades, debemos reducir la dura -  
ción de las actividades que están en la ruta crítica.

Para hacer la compresión se deberá escoger dentro del grupo de -  
actividades críticas aquellas cuyo gradiente AC/AD sea el menor,  
hasta agotar su reducción.

Debemos también cuidar al reducir las duraciones de las actividades de la ruta crítica, que otras actividades ( antes no-críticas ) se tornen críticas.

Ejemplos y ejercicios.





centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS

La Programación

Ing. José Castro Orvañanos

## LA PROGRAMACION

¿ Qué es programa ?

- Anunciar por escrito
- Previa declaración de lo que se piensa hacer

Las versiones anteriores fueron obtenidas por enciclopedia.

Para el caso o aplicación de la construcción, programar podemos - decir que es el ordenamiento secuencial o cronológico de las actividades de un proyecto.

¿ Que se requiere para programar un proyecto ?

- 1) Conocer el proyecto
- 2) Analizar como se va hacer
- 3) Analizar cuando se va hacer
- 4) Analizar con que elementos se va a hacer

ELEMENTOS

{  
Materiales  
Mano de Obra  
Equipo  
Personal Técnico  
Financiamiento

¿ Quiénes deben programar una obra o proyecto ?

Existen diferentes niveles de programación en una obra

- 1) Programación General
- 2) Programación ejecutiva de obra ó Programación de obra

1) La programación General : es recomendable que la realicen los proyectistas de la obra junto con el contratista de la misma . El objeto de esta programación es el de determinar: sistemas constructivos, disponibilidad de materiales, disponibilidad de recursos, y en forma aproximada la duración de la obra; así mismo prever o programar las necesidades de planos o detalles de la obra. Esta programación casi nunca se realiza, y con ello se ve afectada la obra, en tiempo y en costo.

2) La programación de obra: es la que normalmente conocemos y la realiza el contratista.

Para la programación de la obra, debemos tomar en cuenta que la deben realizar las personas que están en la obra. Las personas que están en la obra son las que van a hacer la obra, y conocen el proyecto, y saben como, cuando, y con que elementos lo van a hacer.

¿ Qué sistemas existen para programar obras? ¿ Y cual es el mejor?

I.- SISTEMA DE BARRAS

II.- SISTEMA C.P.M.      {      Flechas  
  Nodos

el mejor sistema, será aquel que nos sea útil, nos de más información y nos sea fácil de Interpretar y Modificar.

¿ Qué se debe programar de una obra?

- 1.- Avance ( Producción)
- 2.- Materiales
- 3.- Equipo
- 4.- Mano de Obra
- 5.- Personal Técnico
- 6.- Financiamiento

¿ Con que grado de aproximación deben hacerse los programas?

Los programas deben realizarse con el objetivo de que sean útiles y de fácil interpretación. Debemos desglosar en los programas todo aquello que nos interese conocer a detalle o sea importante en el desarrollo del proyecto.

¿ Con qué periodicidad deben revisarse y actualizarse los programas?

La periodicidad de revisión de programas, es variable, según el tipo de obra ; su velocidad de producción; según los cambios existentes; según los atrasos. Es recomendable que cuando menos una vez al mes se revise la programación.

Debe considerarse que el costo de una obra va ligado a un sistema de construcción y un programa de obra.

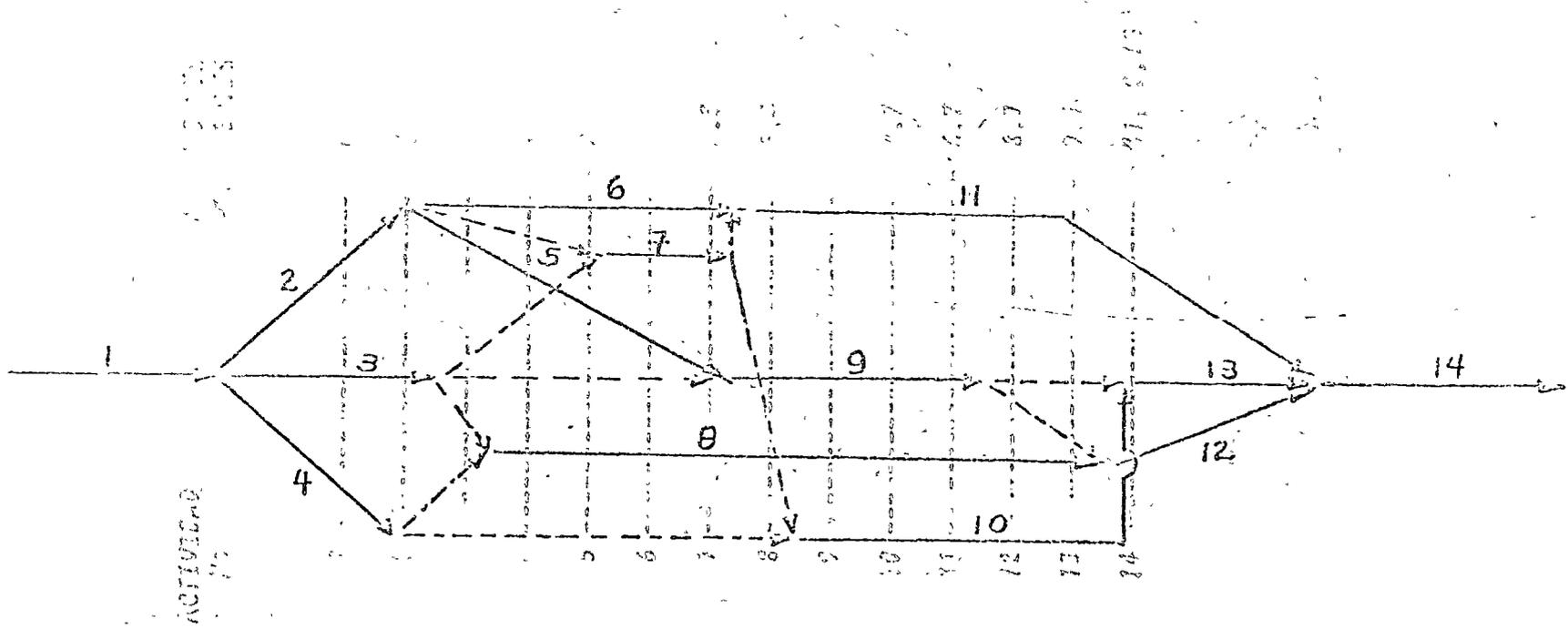
$$\text{Costo obra} = \text{Sistema} + \text{Programa}$$

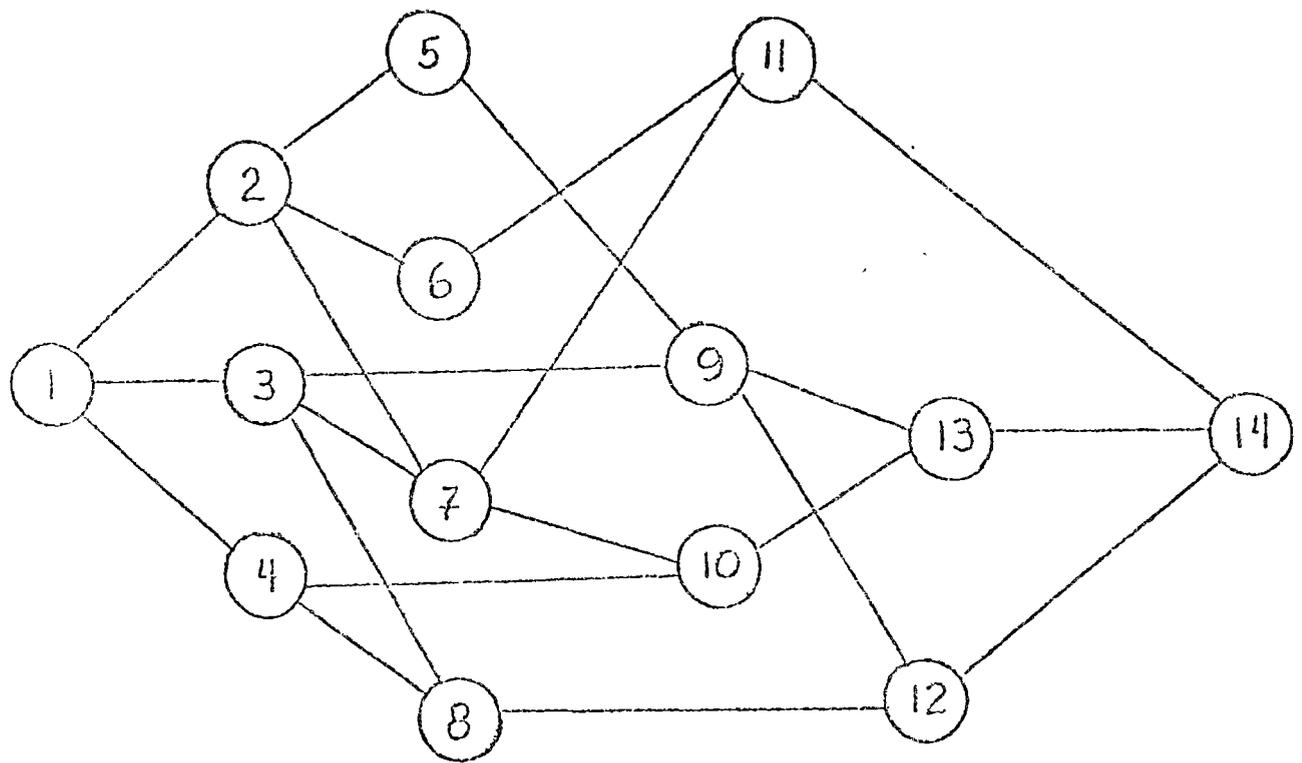
Debe considerarse que la programación y C.P.H. son una herramienta del constructor. Son armas que tenemos para analizar y prever nuestros problemas . Si alimentamos nuestra programación con datos erróneos, el resultado será un programa erróneo.

ACTIVIDAD  
No.

ACTIVIDADES  
PRECEDENTES

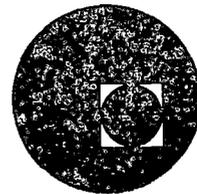
1	-----	0
2	-----	1
3	-----	1
4	-----	1
5	-----	2
6	-----	2
7	-----	2,3
8	-----	3,4
9	-----	5,3
10	-----	4,7
11	-----	6,7
12	-----	3,9
13	-----	9,10
14	-----	11,12,13





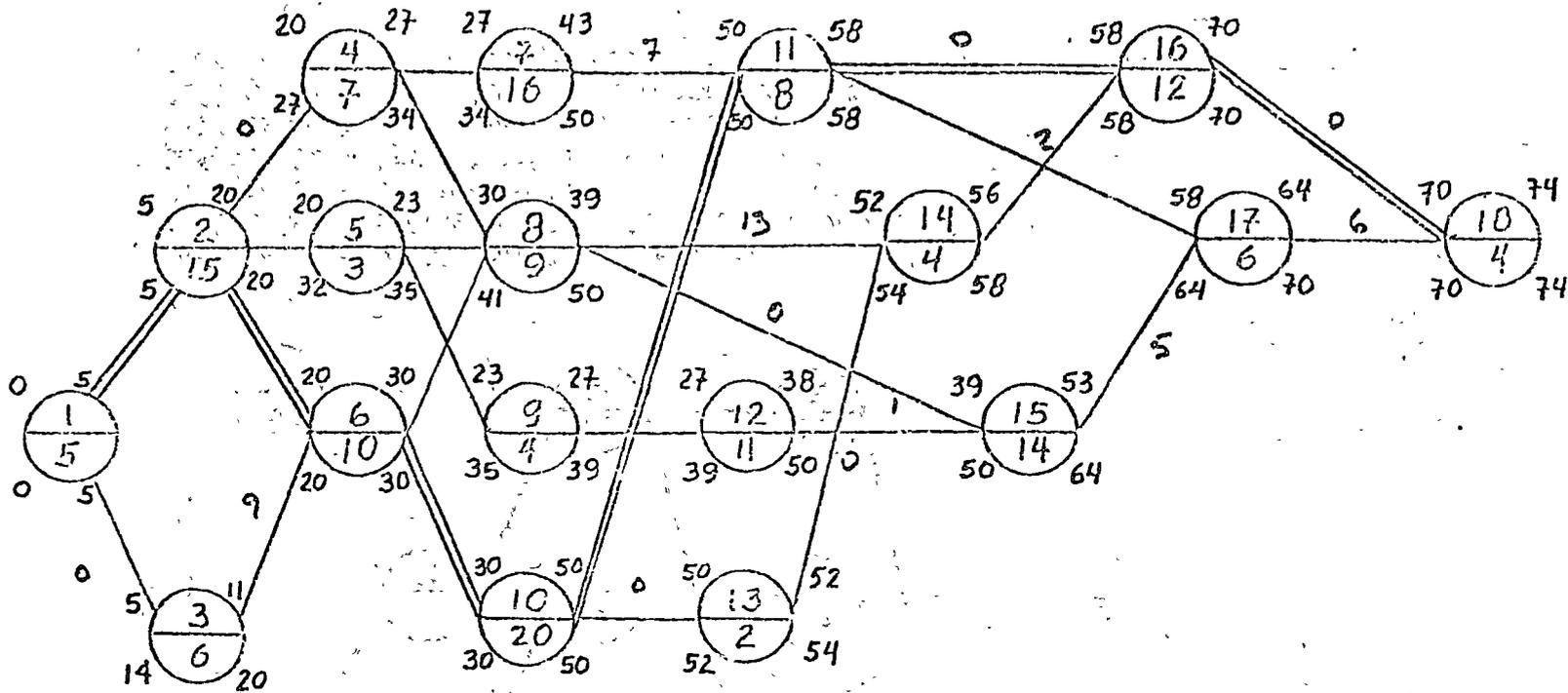


centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



--- PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS ---

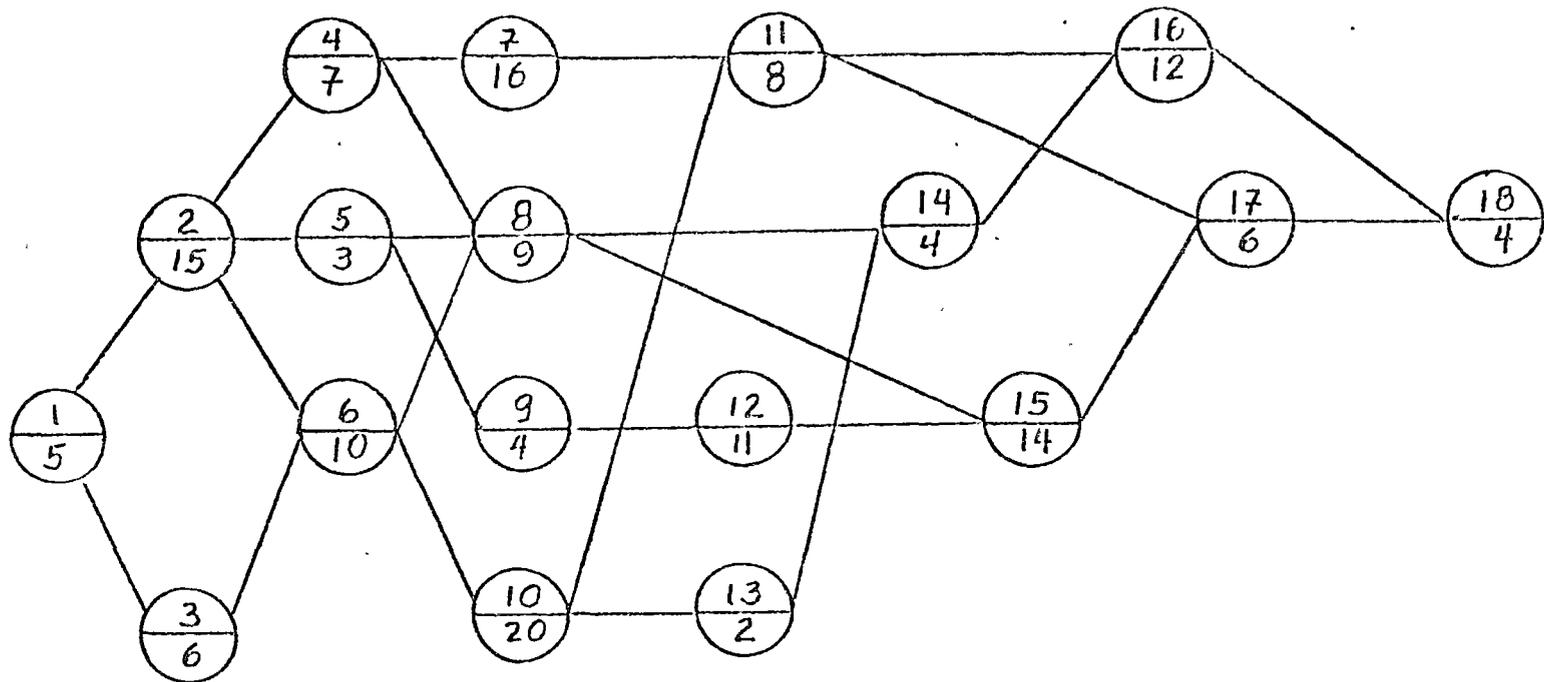




- ¿Cuál es la duración total del proyecto ?
- ¿Cuál es la terminación más próxima de la actividad 12 ?
- ¿Cuál es la terminación más tardía de la actividad 9 ?
- ¿Cuál es la holgura total de la actividad 5 ?
- ¿Cuál es la holgura con interferencia de la actividad 15?
- ¿Cuál es la holgura libre de la actividad 7 ?
- ¿Cuál es la duración del proyecto si la actividad 13 requiere 5 días más ?

74  
38

Fin del 39 día  
11 días  
6 días  
7 días  
77 días.



- ¿Cuál es la duración total del proyecto ?
- ¿Cuál es la terminación más próxima de la actividad 12 ?
- ¿Cuál es la terminación más tardía de la actividad 9 ?
- ¿Cuál es la holgura total de la actividad 8 ?
- ¿Cuál es la holgura con interferencia de la actividad 15?
- ¿Cuál es la holgura libre de la actividad 7 ?
- ¿Cuál es la duración del proyecto si la actividad 13 requiere 5 días más ?

EJERCICIO COMPLETO DE FASE I Y FASE II : Hacer el diagrama por el sistema de nodos , calcular la ruta crítica así como todas las holguras .

DURACION ( DIAS )	ACTIVIDAD	PRECEDENTES
4	A	-
6	B	A
3	C	A
12	D	A
8	E	B
5	F	B,C
6	G	D
4	H	E
10	I	E,F,G.
15	J	G
2	K	G
7	L	H.F
9	M	I
16	N	K
8	Ø	K
22	P	L,J
11	Q	J,N
13	R	J,Ø
2	S	P,M,Q,R

¿Cuál sería la duración del proyecto, si la duración de la actividad P, la reducimos un 50 % ?

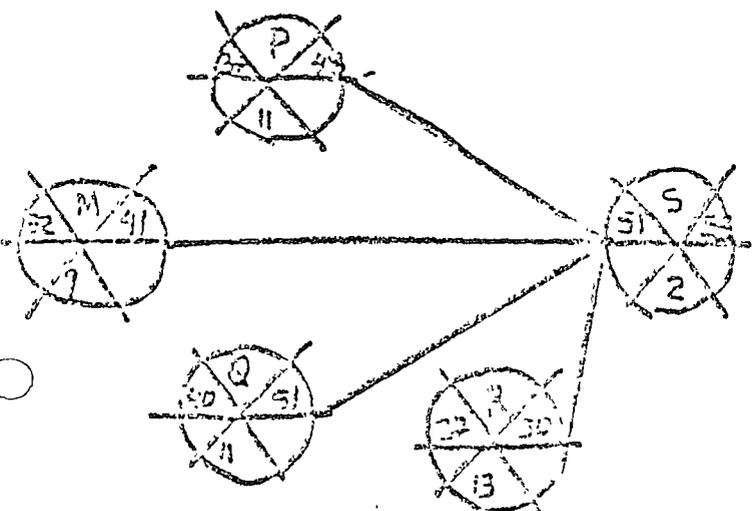


Duración total del proyecto 61 días

$$HT = HL + H.I$$

ACTIVIDADES	H.T.	H.L	H.J	H.P.
A	0	0	0	
B	8	0	8	
C	18	3	15	
D	0	0	0	
E	8	0	8	
F	15	7	8	
G	0	0	0	
H	8	0	8	
I	18	0	18	
J	0	0	0	
K	8	0	8	
L	8	8	0	
M	18	18	0	
N	8	0	8	
O	14	5	9	
P	0	0	0	
Q	18	8	10	
R	9	9	0	
S	0	0	0	

Si la actividad P la reducimos 50 % ( de 22 días 11 días )



53 días de duración de proyecto

Una vez obtenida la ruta crítica, es útil pasarla a Diagrama de Barras, por las siguientes razones :

- 1) Poder entregar a nivel Frente de obra, sus programas de barras - necesarios.
- 2) Poder mostrar dentro del control de programa , el estado de la obra en una forma visual.
- 3) Poder realizar o hacer los programas colaterales necesarios para llevar a cabo la obra.

- a) Programa avance valorizado
- b) Programa de materiales
- c) Programa de equipo
- d) Programa de personal
- e) Programa de personal técnico
- f) Programa financiero

- 1) Programas de Barras a nivel Frente de obra :

Como es sabido, la mayoría de los Ingenieros y maestros de obras se guían por la programación de barras. Es necesario considerar que la información obtenida en la ruta crítica sea pasada en forma correcta a la obra.

Para revisar los trabajos de la obra semanalmente o quincenalmente, es útil ponerlos en barras, indicándoles las fechas de inicio y de terminación.

### 2) Control de programa en forma visual

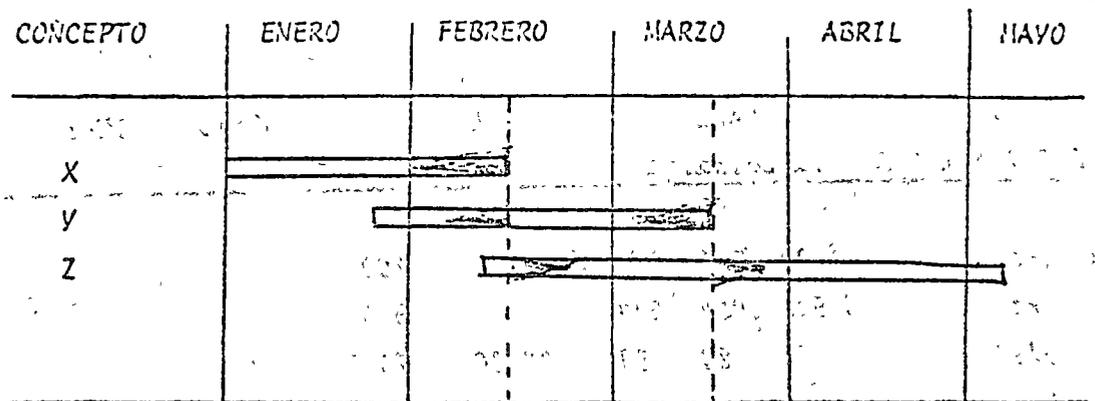


Fig. 1

En la figura 1, se muestra tanto un diagrama de barras basado en una ruta crítica, como un control de avance de programa.

### 3) Programas Colaterales :

Es de suma importancia ver y analizar que recursos son necesarios para poder cumplir con un programa.

Cuantas obras no se retrasan por la escases de materiales o por el mal suministro de estos . Así mismo en cuantas obras a escaseado la mano de obra y no han salido los proyectos a tiempo.

Un programa de materiales debe hacerse para toda la obra, y este debe actualizarse cada mes.

La forma de hacer un programa de materiales, es similar a un programa de barras :

MATERIALES	MARZO				ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	TOTALES
	1a.	2a.	3a.	4a.					
Triplay (Pza.)	100	200	100			100			500 Pza.
Barrote (Pza.)	500	1000	500			500			2500 Pza.
Varilla 3/8"	40	20	30	20	10	20	10	20	180 Ton.
Varilla 1"	60	20	20	30	10	30	10	30	220 Ton.

Como recomendación; se sugiere que aparte del programa de materiales para toda la obra, y su revisión mensual se soliciten o pidan los materiales a través de un pedido o de una requisición de compra.

Programa colateral de equipo : Al hacer un programa de equipo se deben considerar los tiempos de traslado del equipo de origen a su destino.

EQUIPO	MARZO				ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
	1a.	2a.	3a.	4a.				
Draga 3/4"	_____							
Traxcavo	_____							
Vibrador (s)	_____							

Se puede enlistar el equipo por unidad o se pueden formar paquetes de equipo.

El programa colateral de Mano de Obra y Personal Técnico es similar al de materiales y equipo que ya analizamos.

- Programa Financiero : Para poder tener un programa financiero de una obra, es necesario tener un programa con avances valorizados de la misma.

Datos necesarios para hacer un programa financiero:

- 1) Avance valorizado de la obra
- 2) Conocer el % de operación de la obra para transformar el avance en costo de obra.
- 3) Conocer el flujo de estimaciones del cliente, cada cuando se hacen.
- 4) Conocer como paga las estimaciones el cliente.
- 5) Conocer si hay anticipos, o entrega de materiales el cliente, así como conocer como se va a amortizar el anticipo y los materiales entregados.

Ejemplo :

Supongamos una obra de 13 millones de pesos que se piensa realizar en 8 meses. El cliente da el 25 % de anticipo amortizable en cada estimación, no dará materiales, y la utilidad esperada es del 10 %. El cliente es gobierno y cobra a la hora de pagar los impuestos (3%) así mismo retiene un fondo de garantía de 5 % el cual lo entrega en un 95% a los 30 días del acta de entrega y el 5 % restante a un año. Hace una estimación mensual y la paga al mes siguiente .

Meses	cifras en Millones.											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Avance	1	1	1.5	1.5	2.5	2.5	2	1				
A. Acum.	1	2	3.5	5.0	7.5	10	12	13				
Costo 90% A	0.9	0.9	1.35	1.35	2.25	2.25	1.8	0.9				
Costo Acum.	0.9	1.8	3.15	4.50	6.75	9.0	10.8	11.70				
Estimacion 90% A	0.9	0.9	1.35	1.35	2.25	2.25	1.8	0.9	0.3	0.5	0.5	
Estm. Acum.	0.9	1.8	3.15	4.50	6.75	9.0	10.8	11.70	12.0	12.5	13.0	
<del>Ingreso</del>	<del>3.152</del>								25% - 13M = 3.25M			
									Est { - 25% A. Ant - 5% F. d G - 3% Imp. - 33% F. d G			
Ingreso	3.152	0.603	0.603	0.904	0.904	1.507	1.507	1.206	0.603	0.201	0.335	0.335
Iny Acum.	3.152	3.755	4.358	5.262	6.166	7.673	9.180	10.386	10.989	11.190	11.525	11.860
Ingreso	3.152	0.603	0.603	0.904	0.904	1.507	1.507	1.206	0.603	0.201	0.335	0.335
Costo	0.9	0.9	1.35	1.35	2.25	2.25	1.8	0.9				
<del>Ingreso</del>												
Fin. Acum.	+2.252	(.303)	(.747)	(.401)	(.346)	(.743)	(.307)	.306	.603	.201	.335	.335
Fin. Acum.	+2.252	1.949	1.202	2.801	(.543)	(1.288)	(1.595)	(1.289)	(.686)	(.485)	(.150)	.185

	Miles								Miles on Highway			
Miles	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Revenue	1	1	1.5	1.5	2.5	2.5	2	1				
Acc. Accum.	1	2	3.5	5.0	7.5	10	12	13				
Cost to 90% A	0.9	0.9	1.35	1.35	2.25	2.25	1.5	0.9				
Cost Accum.	0.9	1.8	3.15	4.50	6.75	9.0	10.5	11.70				
Depreciation 90% A	0.9	0.9	1.35	1.35	2.25	2.25	1.5	0.9	2.3	0.5	0.9	
Cost Accum.	0.9	1.8	3.15	4.50	6.75	9.0	10.5	11.70	12.0	12.5	13.0	
<del>Revenue</del>	<del>1</del>	<del>1</del>	<del>1.5</del>	<del>1.5</del>	<del>2.5</del>	<del>2.5</del>	<del>2</del>	<del>1</del>				
									25% - 13.4 = 3.35M			
									= 54 { <ul style="list-style-type: none"> <li>- 25% A. Ant</li> <li>- 5% F. &amp; G</li> <li>- 3% = 2%</li> <li>- 33% F. &amp; G</li> </ul>			
Expenses	3.152	0.603	0.603	0.904	0.904	1.507	1.507	1.206	0.603	0.201	0.335	0.335
Exp. Accum.	3.152	3.755	4.358	5.262	6.166	7.673	9.180	10.386	10.989	11.190	11.525	11.860
Expenses	3.152	0.603	0.603	0.904	0.904	1.507	1.507	1.206	0.603	0.201	0.335	0.335
Costs	0.9	0.9	1.35	1.35	2.25	2.25	1.5	0.9				
<del>Revenue</del>	<del>1</del>	<del>1</del>	<del>1.5</del>	<del>1.5</del>	<del>2.5</del>	<del>2.5</del>	<del>2</del>	<del>1</del>				
Exp. Accum.	+2.252	(.303)	(.747)	(.401)	(1.346)	(.743)	(.307)	.306	.603	.201	.335	.335
Exp. Accum.	+2.252	1.949	1.202	2.301	(.543)	(1.238)	(1.575)	(1.269)	(.666)	(.465)	(.130)	.135





centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



--- PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS ---



Una forma conveniente para el control de programas y de la obra en sí, lo podemos obtener si llevamos objetivos en la obra.

Un objetivo es un programa que nos fijamos para alcanzarlo o lograrlo.

Los objetivos que se sugieren para llevar en las obras son los siguientes :

- 1) Objetivo avance
- 2) Objetivo Costo
- 3) Objetivo Estimación
- 4) Objetivo Ingreso
- 5) Objetivo Remesas
- 6) Objetivo Financiamiento

Forma de llevar los objetivos : Se realizarán al iniciarse la obra o proyecto y cada mes deben ser revisados y actualizados.

Supongamos como ejemplo : Una obra de 25 millones a realizar en 10 meses; sin anticipo ; estimaciones mensuales y el pago de las mismas 2 meses después de hecha la estimación se supone una utilidad del 10 % .

TABLA DE OBJETIVOS MENSUALES

GERENCIA \_\_\_\_\_

OBRA \_\_\_\_\_

CONCEPTO AVANCE

PARA EL AÑO \_\_\_\_\_

Día	Acum. Dic	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic	Acumulado		
														ANUAL	19	
Dic. PR	P		1,000	1,000	2,000	2,000	2,000	2,000	4,000	4,000	4,000	2,000				
Enero R	A		1,000	2,000	4,000	6,000	8,000	11,000	15,000	19,000	23,000	25,000				
Enero	P A															
Febrero	P A															
Marzo	P A															
Abril	P A															
Mayo	P A															
Junio	P A															
Julio	P A															
Agosto	P A															
Sept.	P A															
Octubre	P A															
Nov.	P A															
Dic.	P A															

PR -- Programa  
R -- Real

P -- Parcial  
A -- Acumulado

GERENCIA \_\_\_\_\_

TABLA DE OBJETIVOS MENSUALES

OBRA \_\_\_\_\_

CONCEPTO Costo

PARA EL AÑO \_\_\_\_\_

	Acum Dic.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic
PR	P		.900	.900	1.800	1.800	1.800	2.700	3.600	3.600	3.600	1.800	
R	A		.900	1.800	3.600	5.400	7.200	9.900	13.500	17.100	21.700	22.500	
	P												
	A												
	P												
	A												
	P												
	A												
	P												
	A												
	P												
	A												
	P												
	A												
	P												
	A												
	P												
	A												
	P												
	A												
	P												
	A												
	P												
	A												
	P												
	A												

PR — Programa  
R — Real

P — Parcial  
A — Acumulado

TABLA DE OBJETIVOS MENSUALES

GERENCIA \_\_\_\_\_

OBRA \_\_\_\_\_

PARA EL AÑO \_\_\_\_\_

CONCEPTO Estimacion.

	Acum. Dic	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.	Acumulado	
														ANUAL	TOTAL
PR	P			.900	.900	1.800	1.800	1.800	2.700	3.600	3.600	3.600	1.800		
R	A			.900	1.800	2.700	3.600	3.600	4.500	5.400	6.300	7.200	8.100		
	P														
	A														
		P													
		A													
			P												
			A												
				P											
				A											
					P										
					A										
						P									
						A									
							P								
							A								
								P							
								A							
									P						
									A						
										P					
										A					

PR -- Programa

P -- Parcial

R -- Real

A -- Acumulado

TABLA DE OBJETIVOS MENSUALES

GERENCIA \_\_\_\_\_

OBRA \_\_\_\_\_

PARA EL AÑO \_\_\_\_\_

Ingreso.

	Acum D/c	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.	Acumulado	
														ANUAL	TOTA
PR	P					.700	.900	1.300	1.300	1.100	2.700	3.600	3.600		
R	A					.900	1.300	3.600	5.400	7.100	7.900	13.500	17.100.		
	P														
	A														
		P													
		A													
			P												
			A												
				P											
				A											
					P										
					A										
						P									
						A									
							P								
							A								
								P							
								A							
									P						
									A						
										P					
										A					
											P				
											A				

PR -- Programa  
R -- Real

P -- Parcial  
A -- Acumulado

TABLA DE OBJETIVOS MENSUALES

GERENCIA \_\_\_\_\_

OBRA \_\_\_\_\_

PARA EL AÑO \_\_\_\_\_

CEPTO Remesa o Equiv. de Dinero.

	Acum D.c	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Jun.o	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic	Acumulado	
														ANUAL	TOTAL
PR	P		.450	.450	0.900	.900	.900	1,250	1,250	1,250	1,250	.900			
R	A		.450	.900	1.350	2.250	3.150	4,400	5,650	6,550	10,250	11,250			
	P														
	A														
		P													
		A													
			P												
			A												
				P											
				A											
					P										
					A										
						P									
						A									
							P								
							A								
								P							
								A							
									P						
									A						
											P				
											A				

PR — Programa  
R — Real

P — Parcial  
A — Acumulado

GERENCIA \_\_\_\_\_

OBRA \_\_\_\_\_

PARA EL AÑO \_\_\_\_\_

TABLA DE OBJETIVOS MENSUALES

Financiamiento (Costo U.S. Ingresos.)

Año	Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.	Año	
														ANUAL	TOTAL
1950	P		(.900)	(.900)	(1.800)	(.700)	(.900)	(.900)	(1.800)	(1.800)	(.900)	1.800	3.600		
	A		(.900)	(1.800)	(3.600)	(4.500)	(5.400)	(6.300)	(8.100)	(9.900)	(10.800)	(9.000)	(5.400)		
1951	P														
	A														
1952	P														
	A														
1953	P														
	A														
1954	P														
	A														
1955	P														
	A														
1956	P														
	A														
1957	P														
	A														
1958	P														
	A														
1959	P														
	A														
1960	P														
	A														
1961	P														
	A														
1962	P														
	A														
1963	P														
	A														
1964	P														
	A														
1965	P														
	A														
1966	P														
	A														
1967	P														
	A														
1968	P														
	A														
1969	P														
	A														
1970	P														
	A														

PR — Programa      P — Parcial  
 R — Real            A — Acumulado

## BALANCEO DE RECURSOS

Después de ejecutar la fase II, es conveniente revisar los resultados obtenidos y ver la congruencia de estos.

Para el balanceo apropiado de recursos se debe revisar lo siguiente :

- 1) Tiempo total de proyecto
- 2) Disponibilidad del material requerido y existencia.
- 3) Disponibilidad de M. de Obra y revisar los puntos en donde se requiere más, para analizar si se pueden disminuir.
- 4) Disponibilidad y existencia del equipo programado, analizar los puntos donde se concentre mayor requerimiento de equipo para tratar de disminuir esa necesidad.
- 5) Disponibilidad del dinero necesario para hacer la obra - en el tiempo proyectado.

Una vez analizado los recursos con los que se cuenta para hacer la obra, con estos datos se retroalimenta la fase I, y Fase II.

En algunos casos habrá necesidad de cambiar las secuencias, en cuyo caso se verá afectada la Fase I, en otros casos solo los - tiempos de duración de las actividades, en este caso solo afectarían la fase II.



La representación gráfica de esta aceleración está dada por -  
la figura No. 1

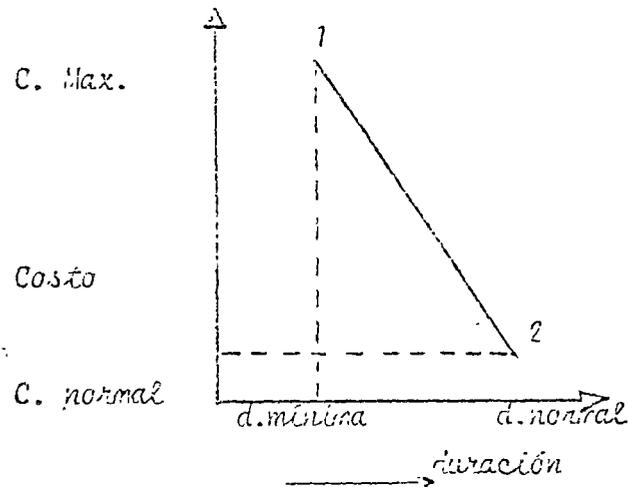


Fig. No. 1

Obtenemos ahora el valor del incremento de costo (AC) por -  
unidad de tiempo (AD)

$$\frac{AC}{AD} = \frac{C. \text{ M\u00e1ximo} - C. \text{ normal}}{d. \text{ normal} - d. \text{ m\u00ednimo}} \quad (1)$$

La recta representada en la figura 1, es una aproximación del -  
incremento de costo en función de la reducción de tiempo y debe  
tomarse como tal, ya que en la práctica muchas veces el incre -  
mento de costo sigue un comportamiento no lineal o se reduce a  
puntos aislados, en donde la ecuación (1) no es aplicable.

Para comprimir la red de actividades, debemos reducir la dura -  
ción de las actividades que están en la ruta crítica.

Para hacer la compresión se deberá escoger dentro del grupo de  
actividades críticas aquellas cuyo gradiente AC/AD sea el menor,  
hasta agotar el presupuesto.

Debemos también cuidar al reducir las duraciones de las actividades de la ruta crítica, que otras actividades ( antes no-críticas ) se tornen críticas.

Ejemplos y ejercicios.

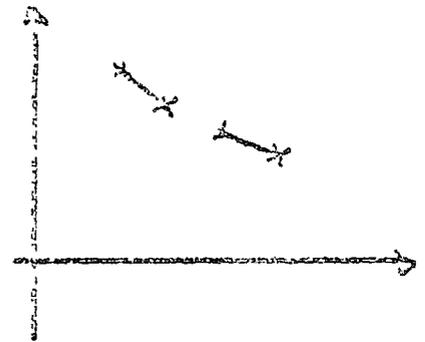
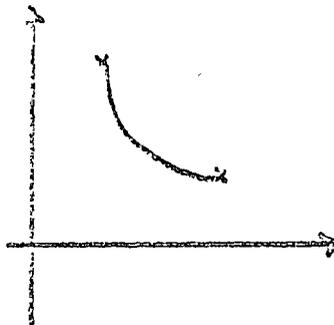
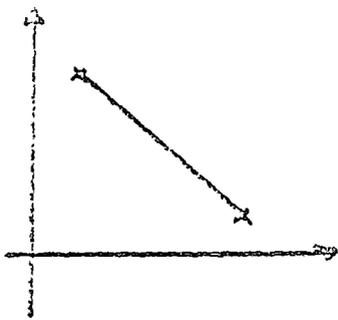
### FASE III ( CONTINUACION)

Es conveniente recordar que toda actividad para ser comprimida debe tomarse en cuenta :

- 1) Su límite físico de reducción
- 2) Su costo en la reducción.

En Muchas ocasiones se introduce personal a las obras para poder acortar los tiempos, sin considerar los límites físicos de reducción.

El costo en la reducción ; no es una función lineal normalmente , varía dependiendo de diversos factores; tipo de actividad ; equipo usado ; dobles turnos ; etc. Sin embargo para trabajar dentro de la Fase III suponemos una variación Lineal.





centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS



## TABLA BASICA DE PRECEDENCIAS Y COSTOS

ACTIVIDAD	ACTIVIDAD PRECEDENTE	DURACION NORMAL DIAS	DURACION MINIMA DIAS	COSTO. NORMAL \$	COSTO MAXIMO \$
1	—	8	8	\$ 100	\$ 100
2	1	16	10	\$ 250	\$ 550
3	2	25	18	\$ 175	\$ 875
4	1,2	13	9	\$ 300	\$ 1100
5	1,6	19	15	\$ 125	\$ 845
6	—	15	7	\$ 50	\$ 650
7	6	25	15	\$ 400	\$ 2800
8	4,5	8	6	\$ 360	\$ 1160
9	8,7	12	8	\$ 80	\$ 1010
10	3,8,9	5	5	\$ 65	\$ 65

$\Sigma = \$ 1905$      $\Sigma = \$ 9155$

FIGURA Nº 2

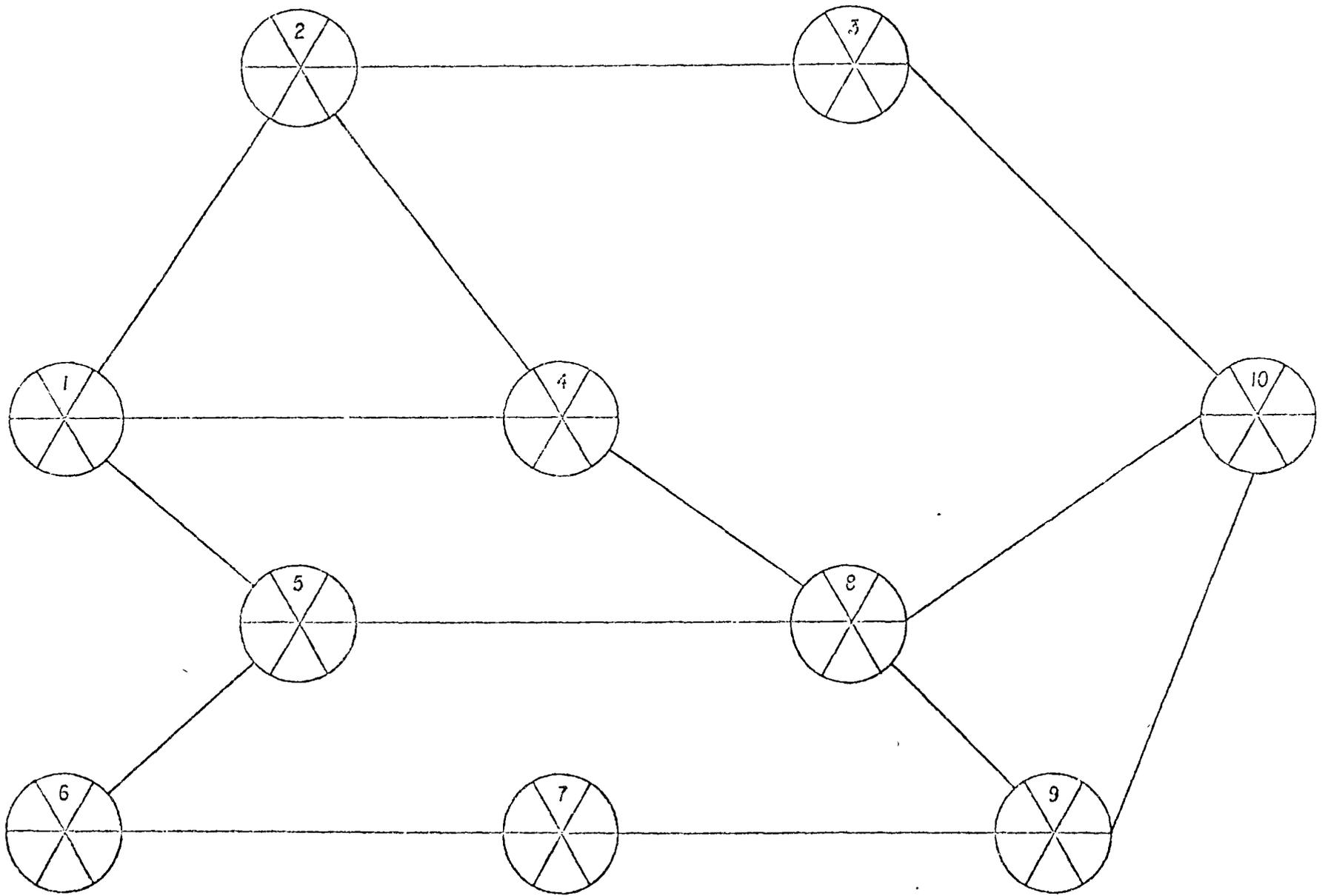


FIGURA Nº 4

DURACION NORMAL 62 DIAS  
 COSTO NORMAL = \$ 1905.00

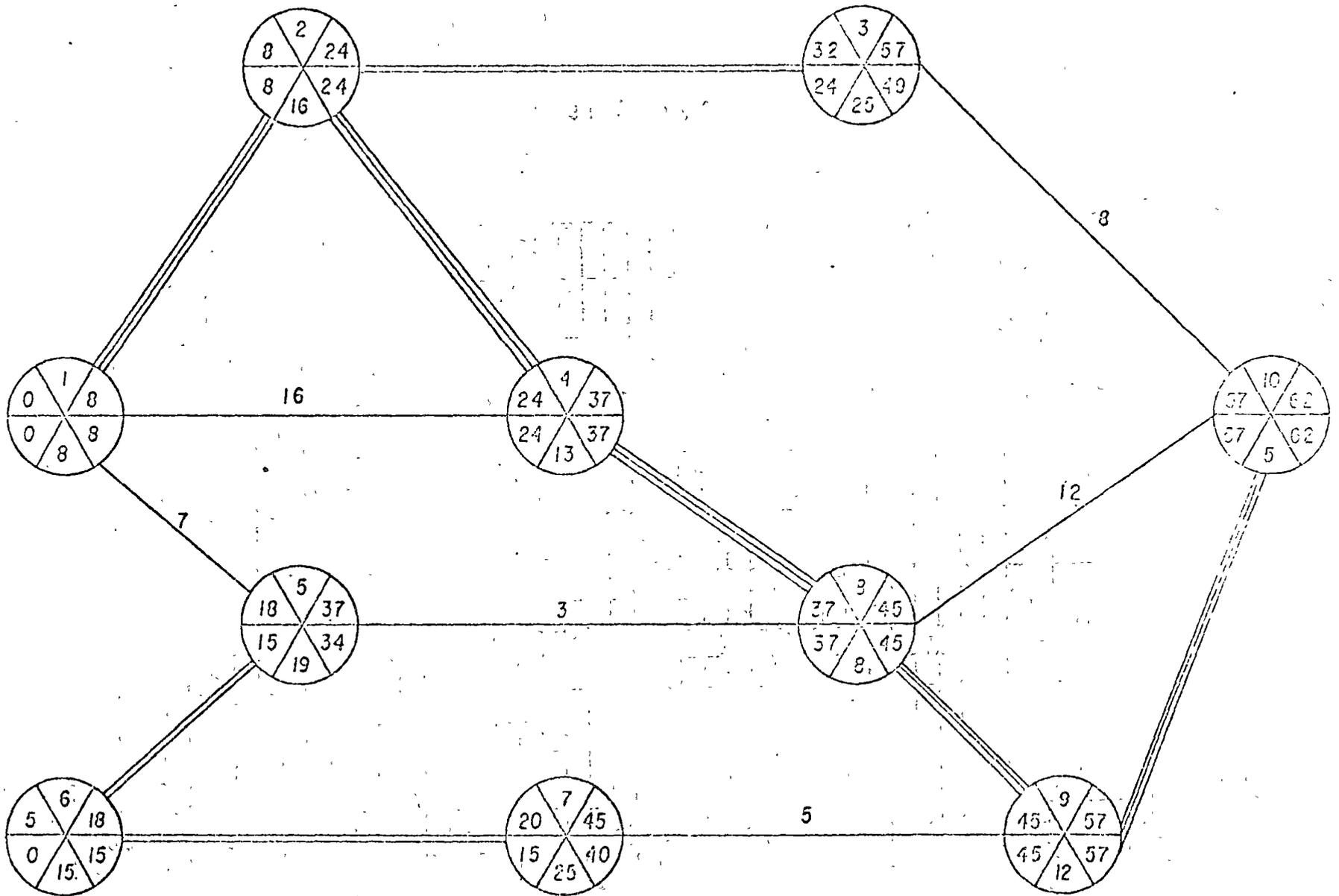
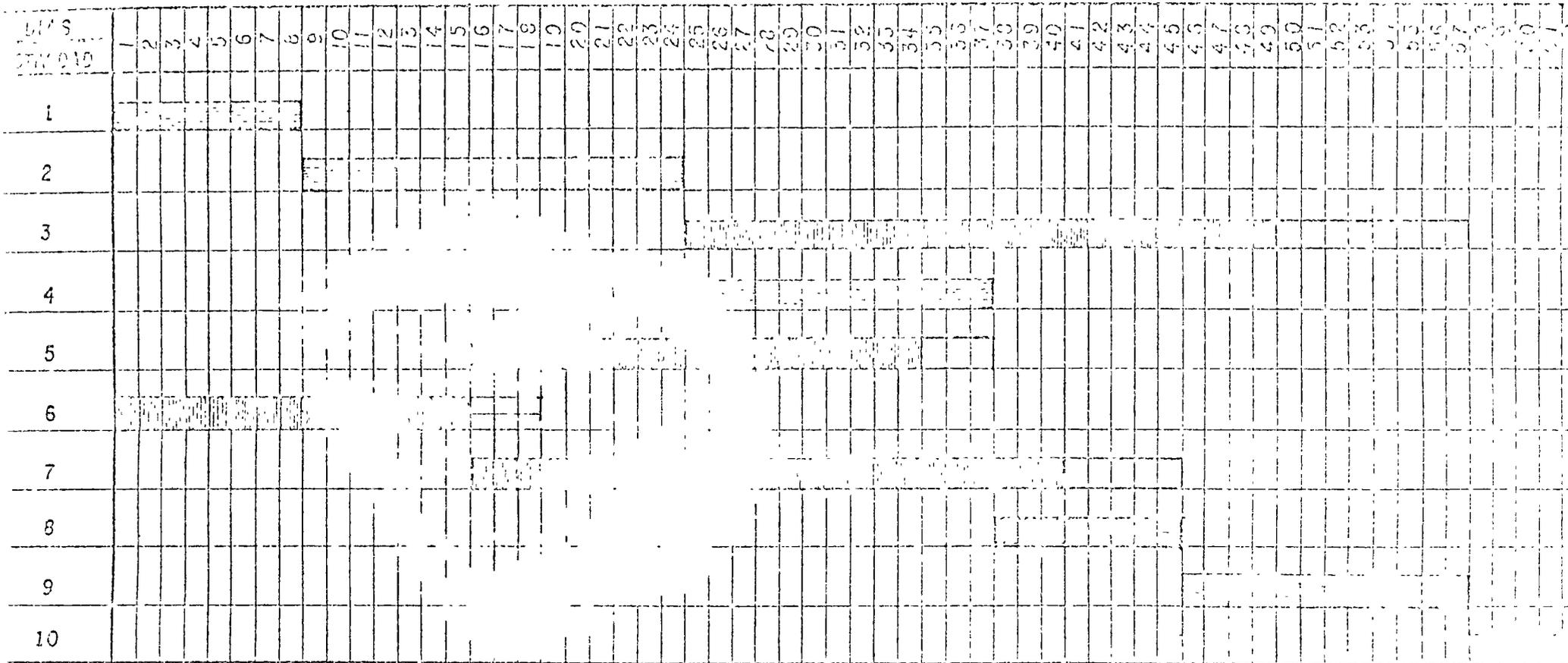


FIGURA Nº 5

# DIAGRAMA DE BARRAS



## CLAVE

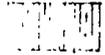
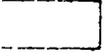
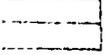
-  ACTIVIDAD CRITICA
-  ACTIVIDAD NO CRITICA
-  HOLGURA LIBRE
-  HOLGURA CON INTERFERENCIA

FIGURA Nº 6

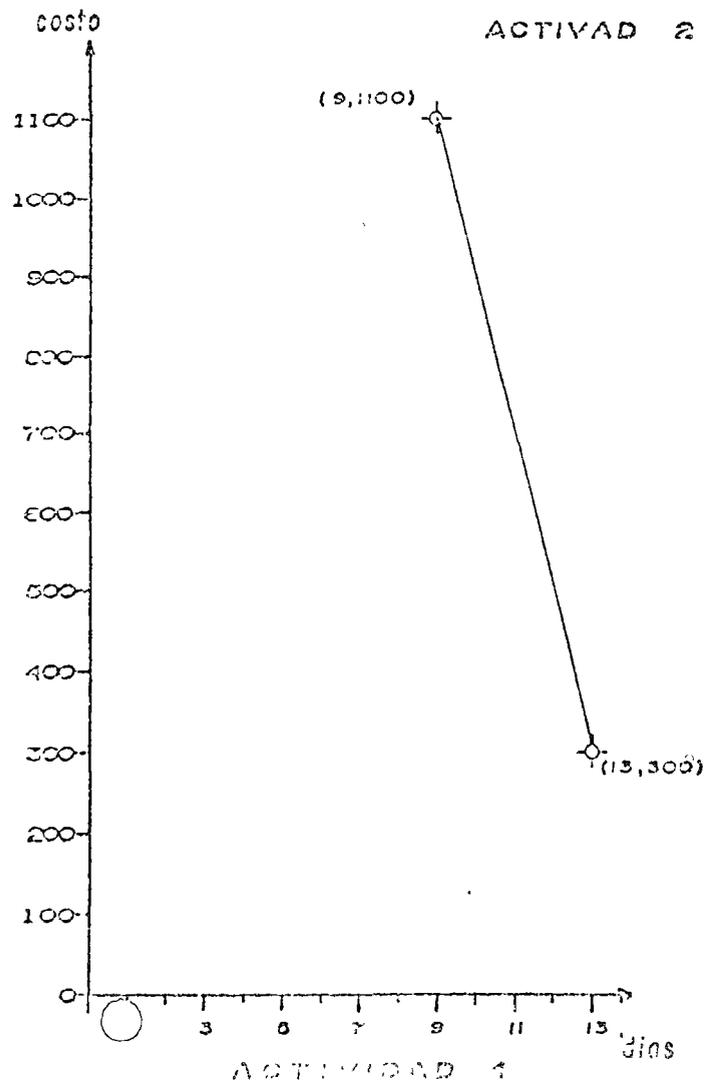
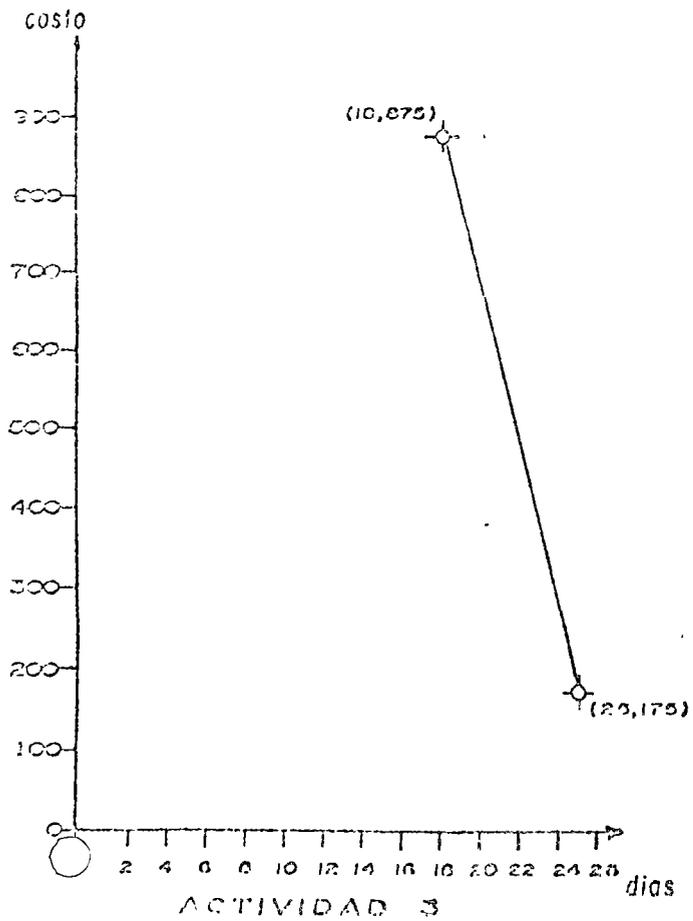
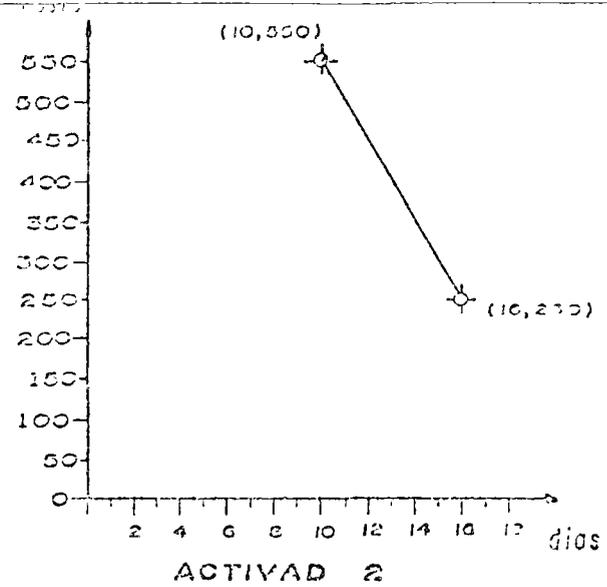
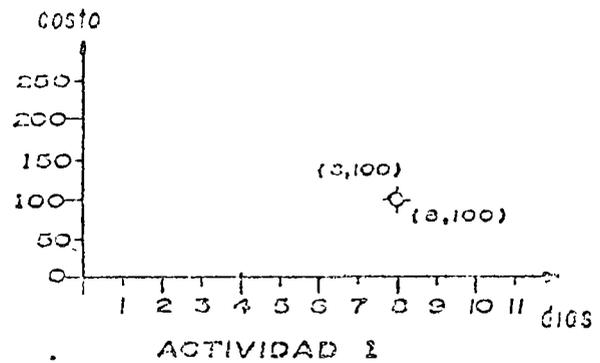


FIGURA No. 7

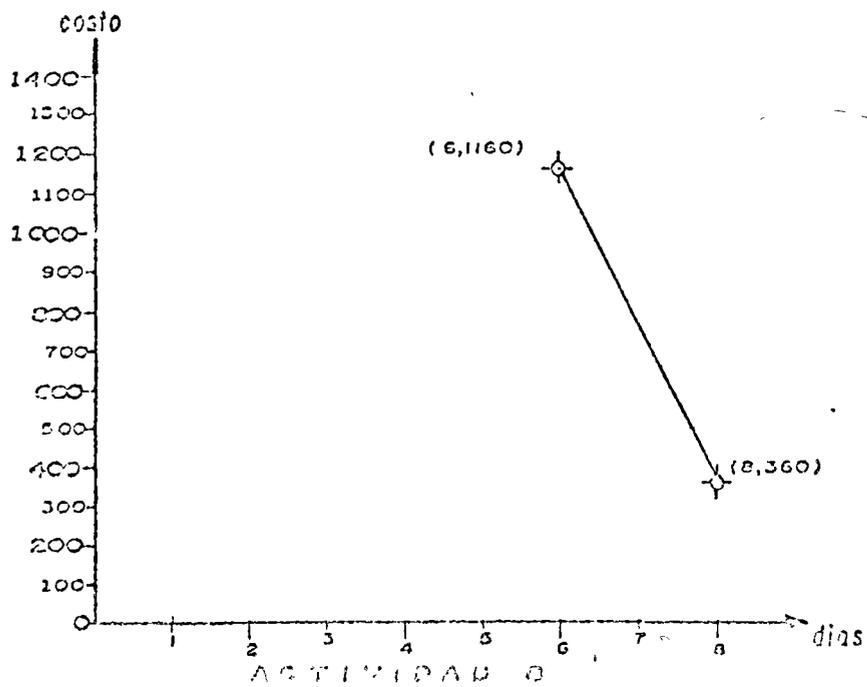
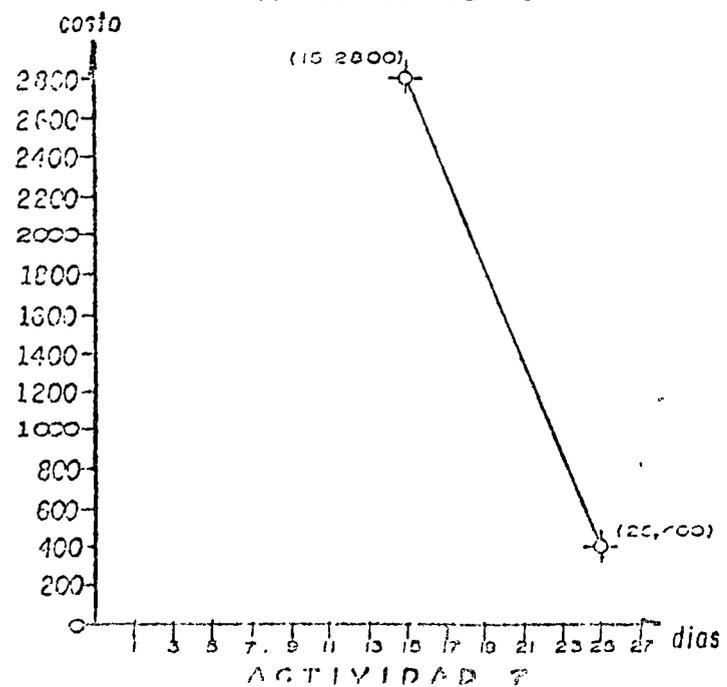
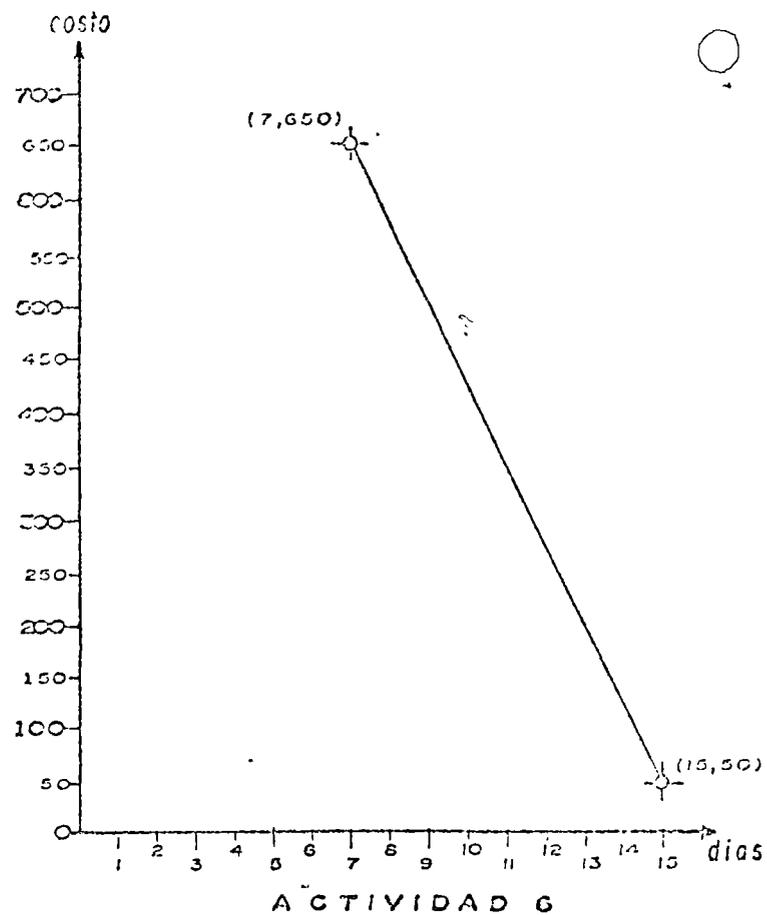
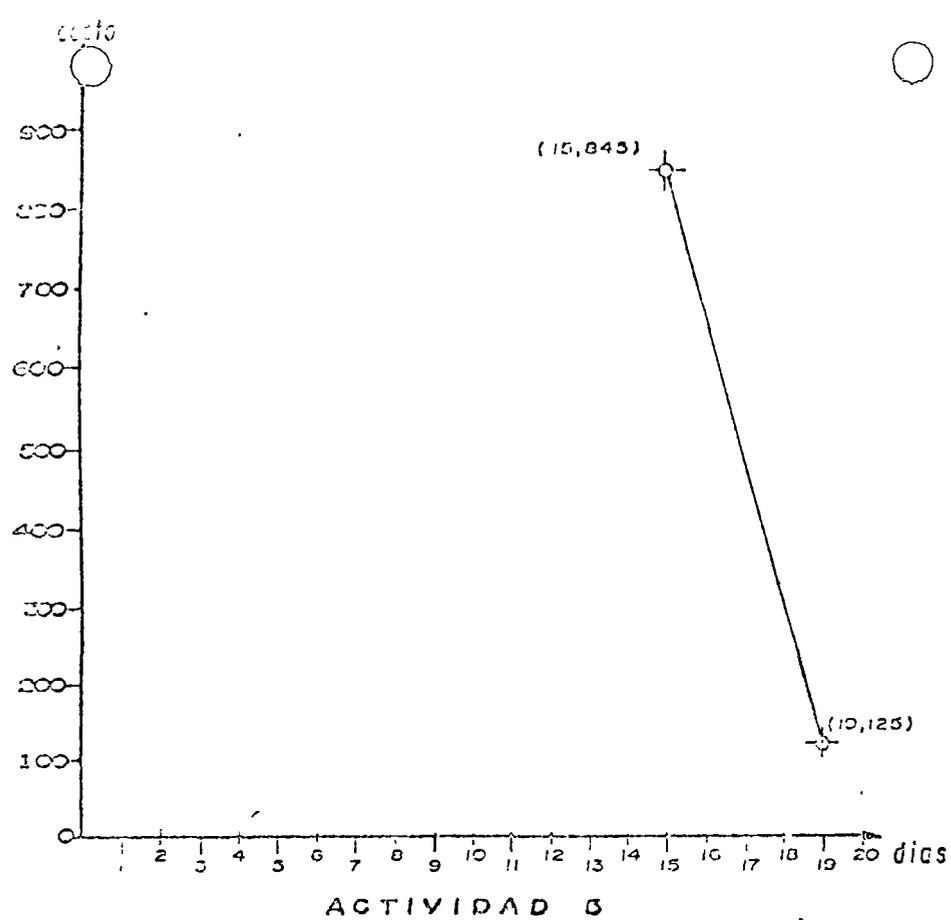
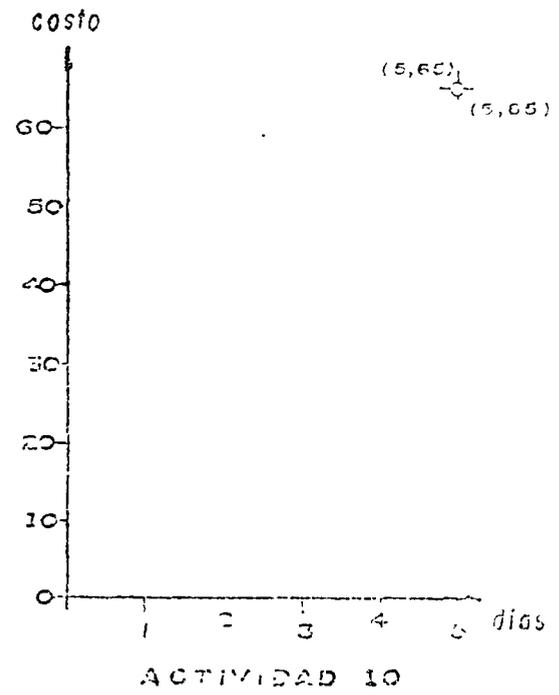
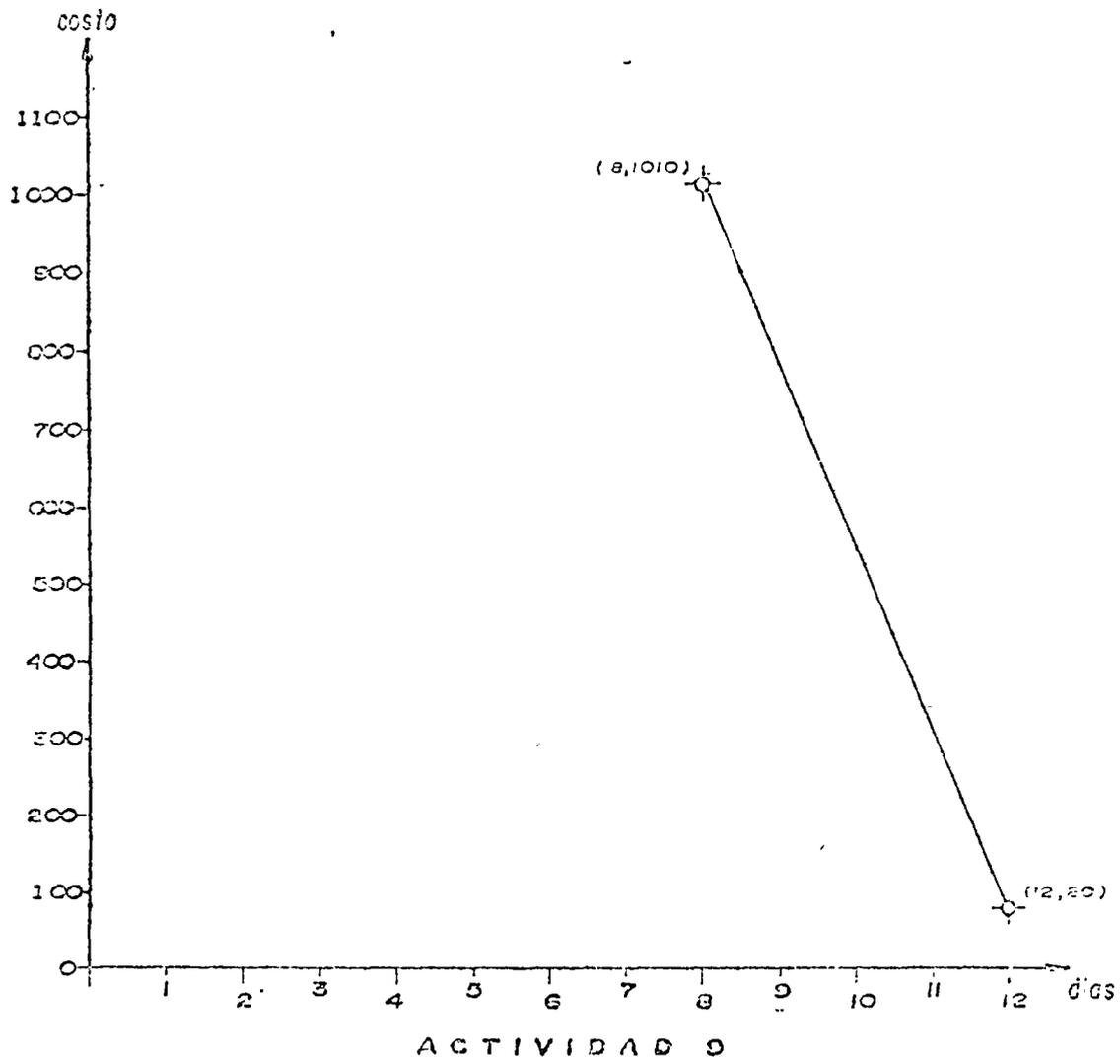


FIGURA No 3



## TABLA BASICA DE PRECEDENCIAS Y COSTOS

ACTIVIDAD	ACTIVIDAD PRECEDENTE	DURACION NORMAL DIAS	DURACION MINIMA DIAS	COSTO NORMAL \$	COSTO MAXIMO \$	AD=DN-DM DIAS	AC=CM-CN \$	CC/DIA \$/DIA
1	—	8	8	\$ 100	\$ 100	0	0	—
2	1	16	10	\$ 250	\$ 550	6	300	50/dia
3	2	25	18	\$ 175	\$ 875	7	700	100/dia
4	1,2	13	9	\$ 300	\$ 1100	4	800	200/dia
5	1,6	19	15	\$ 125	\$ 845	4	720	180/dia
6	—	15	7	\$ 50	\$ 650	8	600	75/dia
7	6	25	15	\$ 400	\$ 2800	10	2400	240/dia
8	4,5	8	6	\$ 360	\$ 1100	2	800	400/dia
9	8,7	12	8	\$ 80	\$ 1010	4	930	233/dia
10	3,8,9	5	5	\$ 65	\$ 65	0	0	—

Σ = \$ 1905    Σ = \$ 9155

FIGURA Nº 10

*g. 2. costo. dia p.*



1ª REDUCCION

NUEVA DURACION = 59 DIAS  
 COSTO = \$ 1905.<sup>00</sup> + 3 (50) = \$ 2055.<sup>00</sup>  
 SE REDUJO LA ACTIVIDAD 2 EN 3 dias

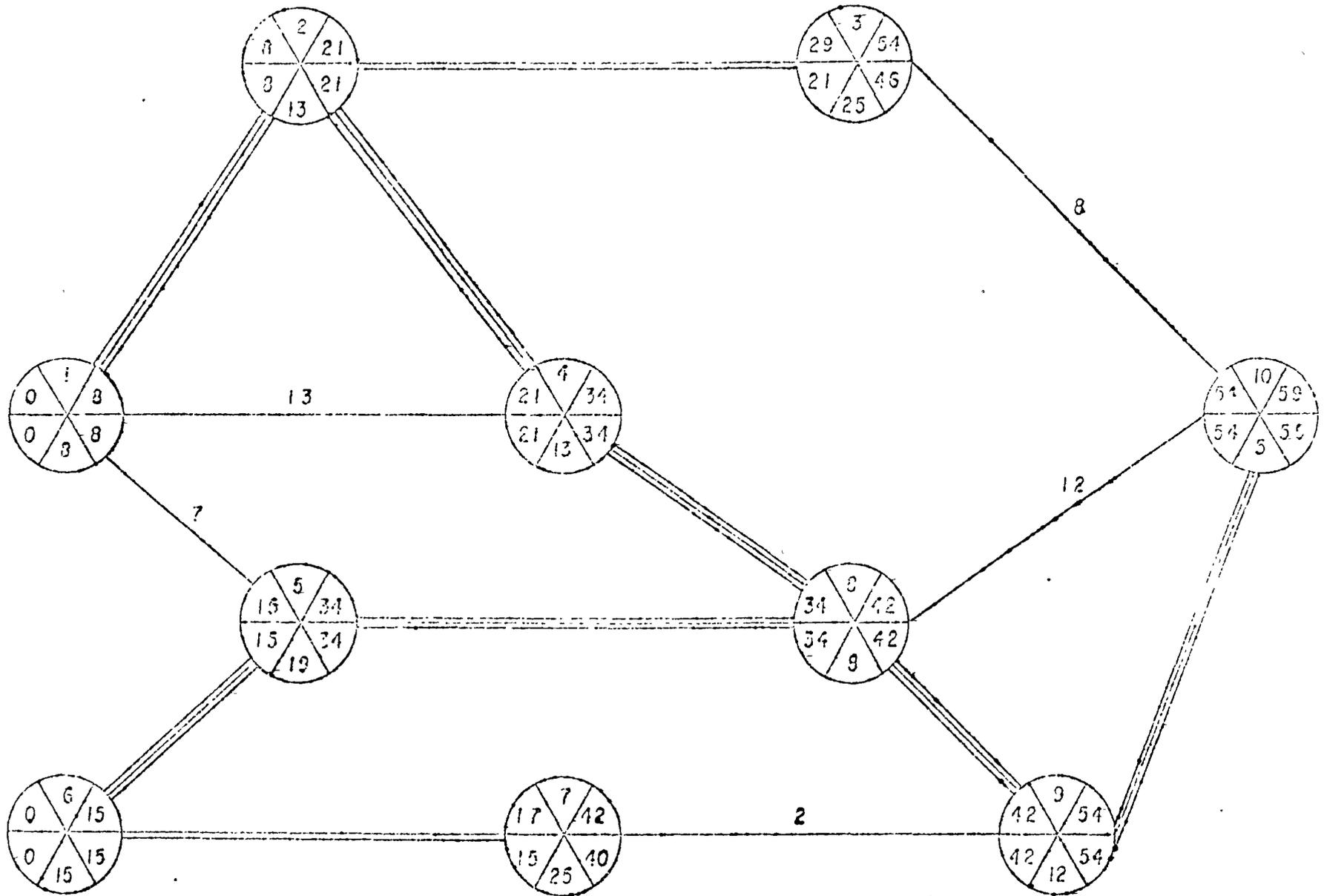


FIGURA N° 12

2ª REDUCCION

NUEVA DURACION = 56 DIAS  
 SE REDUJERON LAS ACTIVIDADES 2 y 6 EN 3 dias RESPECTIVAMENTE  
 COSTO = \$ 2055 + 3(50+75) = \$ 2430.00

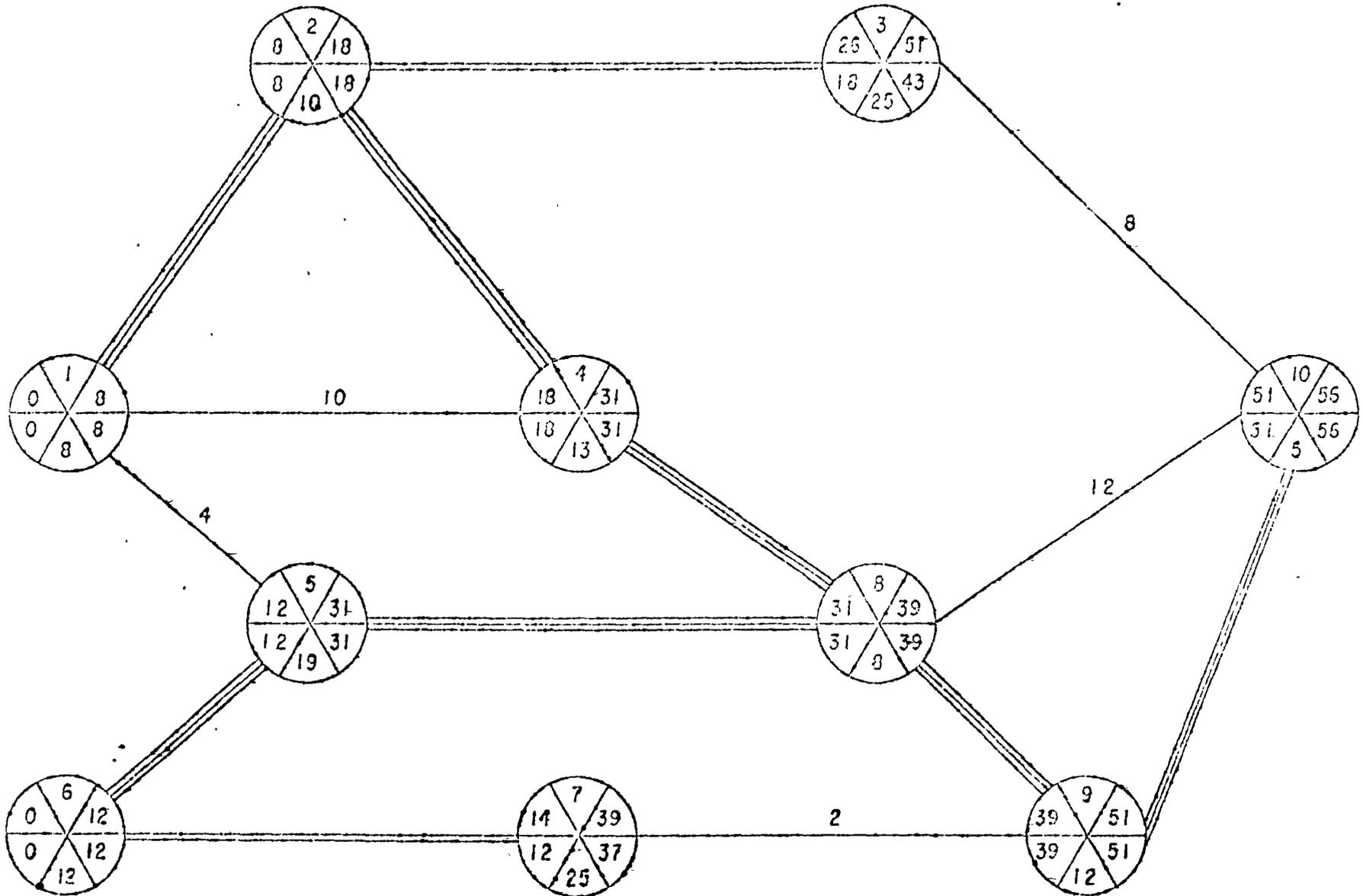


FIGURA Nº 13

3ª REDUCCION

NUEVA DURACION 54 DIAS  
 SE REDUJO EN 2 días LA ACTIVIDAD 9,  
 $(232.5 \times 2) = \$ 465.00 + \$ 2430.00 = \$ 2895.00$

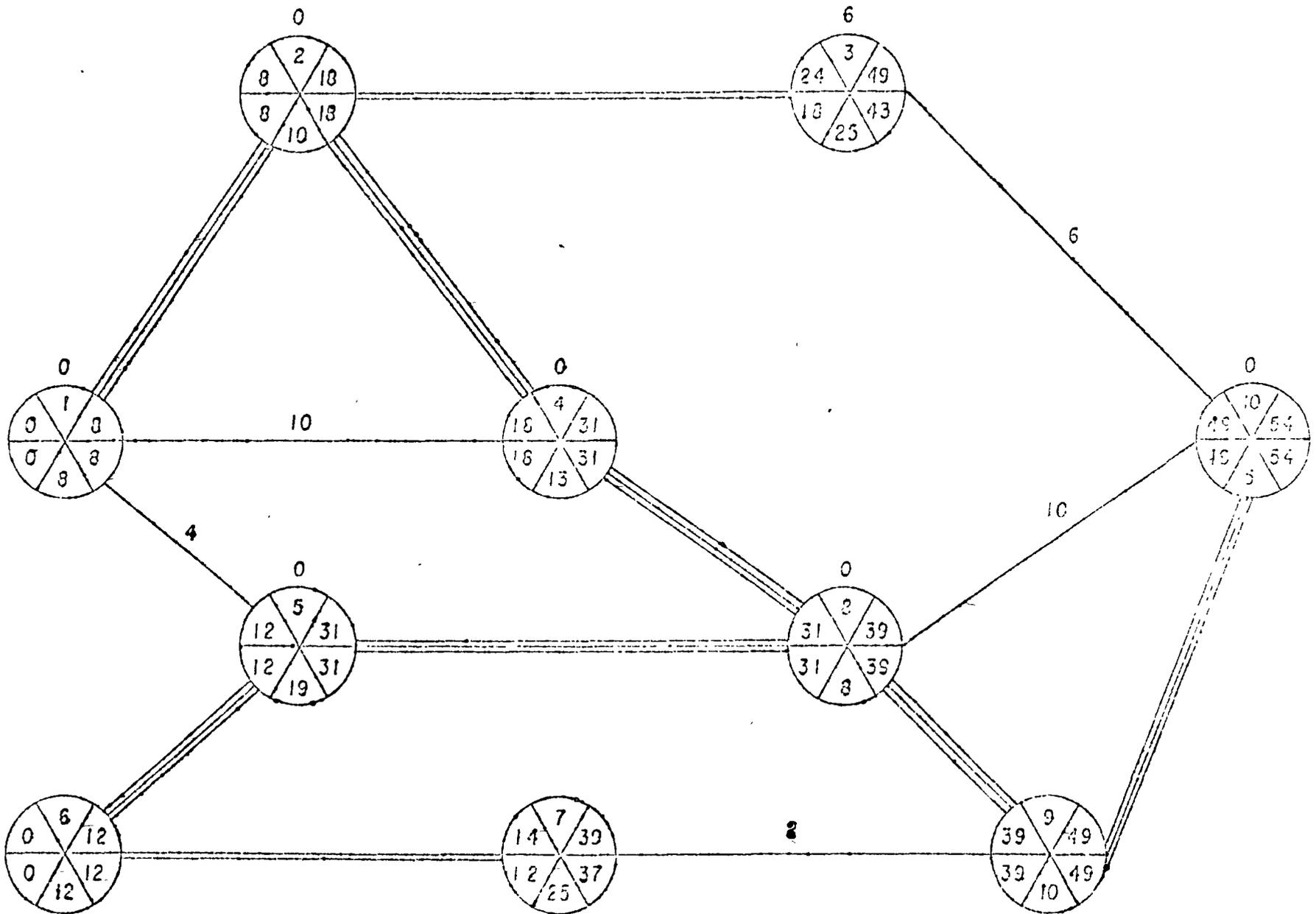


FIGURA N°

4ª REDUCCION

NOVA DURACION 52 DIAS  
 SE REDUJO EN 2 dias LA ACTIVIDAD 9  
 $(\$ 232.5/\text{dia} \times 2 \text{ dias}) = \$ 465.00 + 2895.00 = \$ 3360.00$

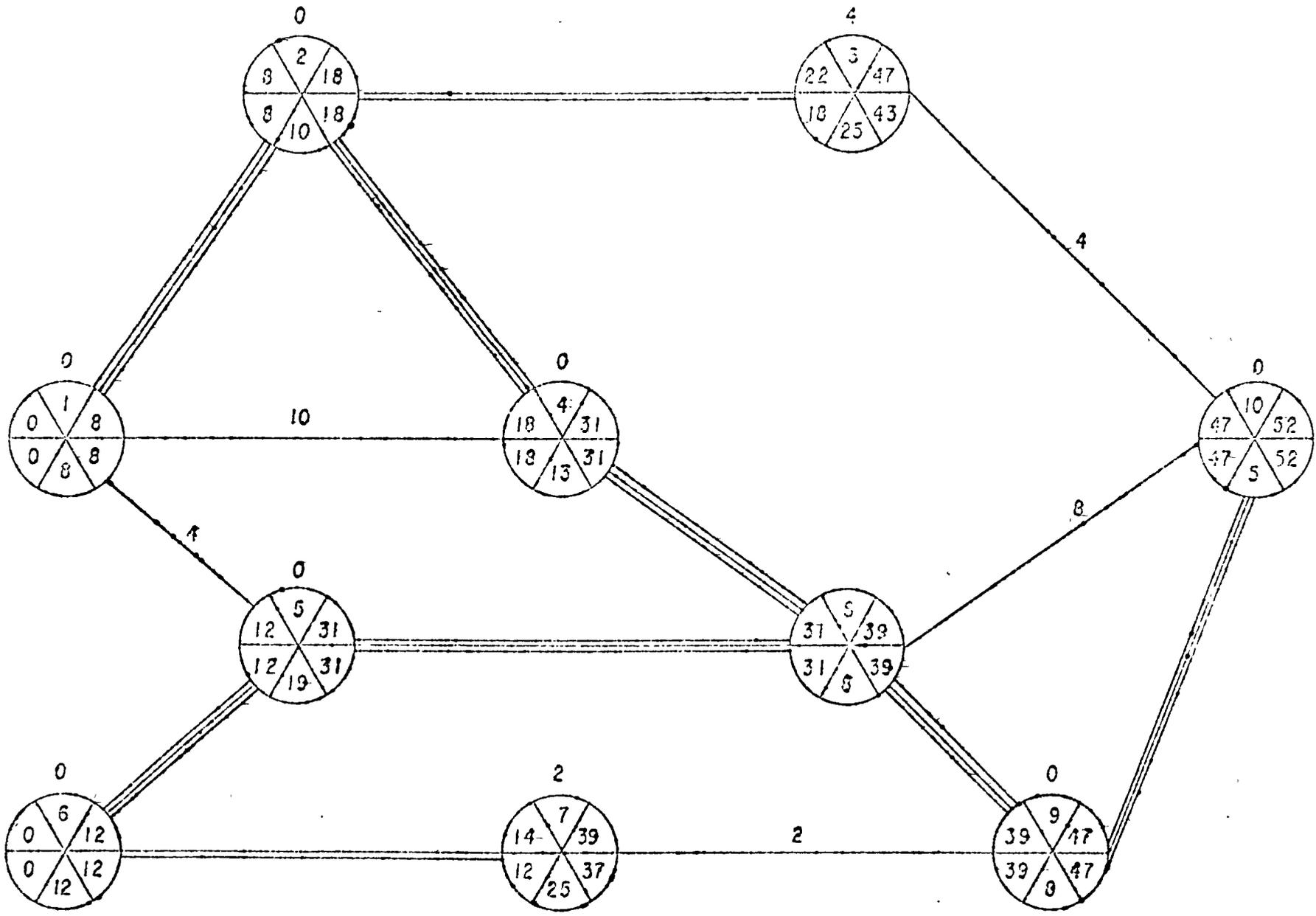


FIGURA Nº 15

5ª REDUCCION

HUEVA DURACION 50 DIAS  
 SE REDUJERON LAS ACTIVIDADES 4 y 6 EN 2 DIAS  
 $(200.00/\text{dia} + 75.00/\text{dia}) \times 2 = \$ 550.00 + \$ 3350.00 = \$ 3910.00$

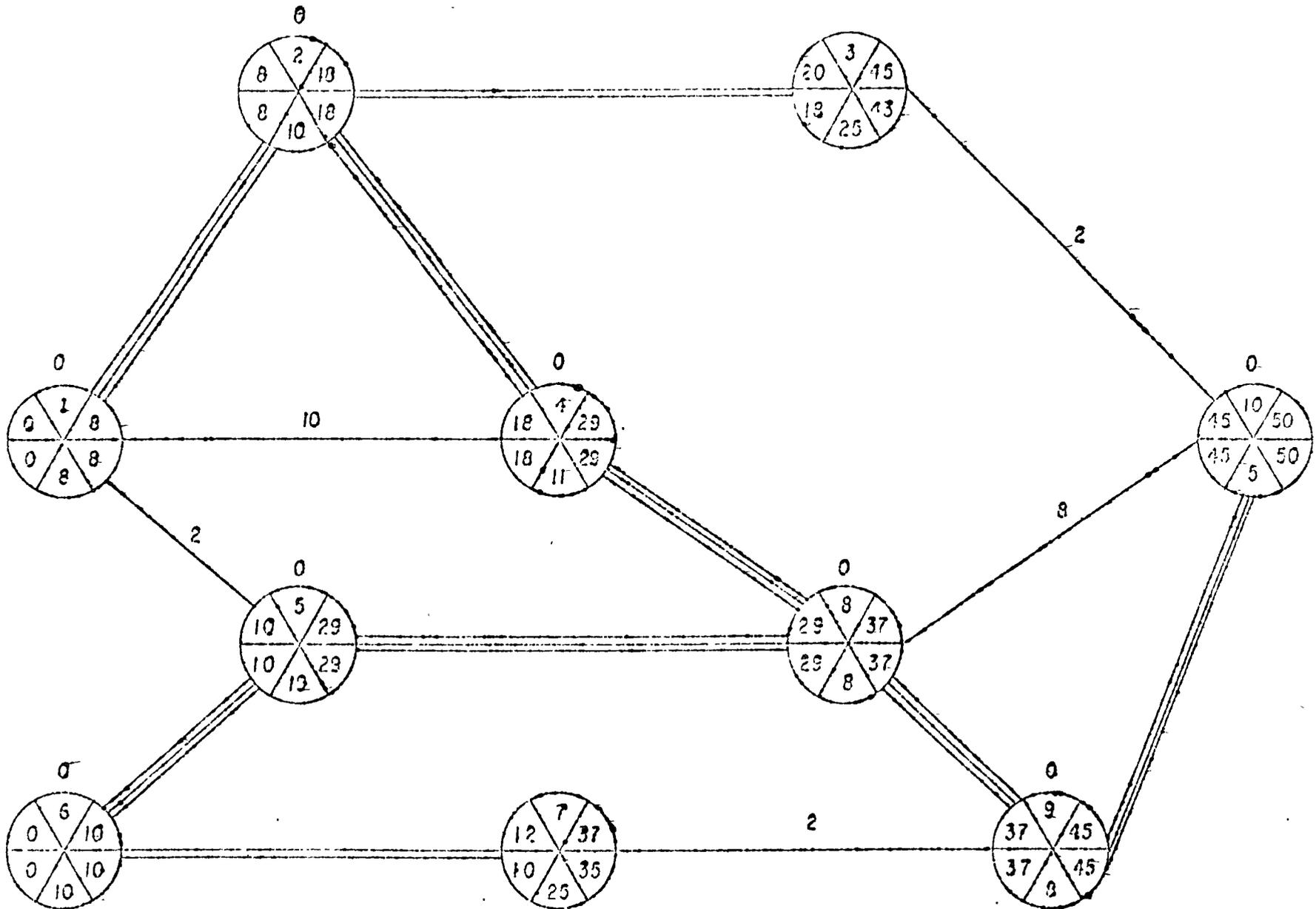


FIGURA No 16

6ª REDUCCION

NUEVA DURACION: 49 dias  
 SE REDUJERON LAS ACTIVIDADES 4 y 6 EN 2 DIAS  
 COSTO = \$ 3910.00 + 2(200 + 75) = \$ 4460.00

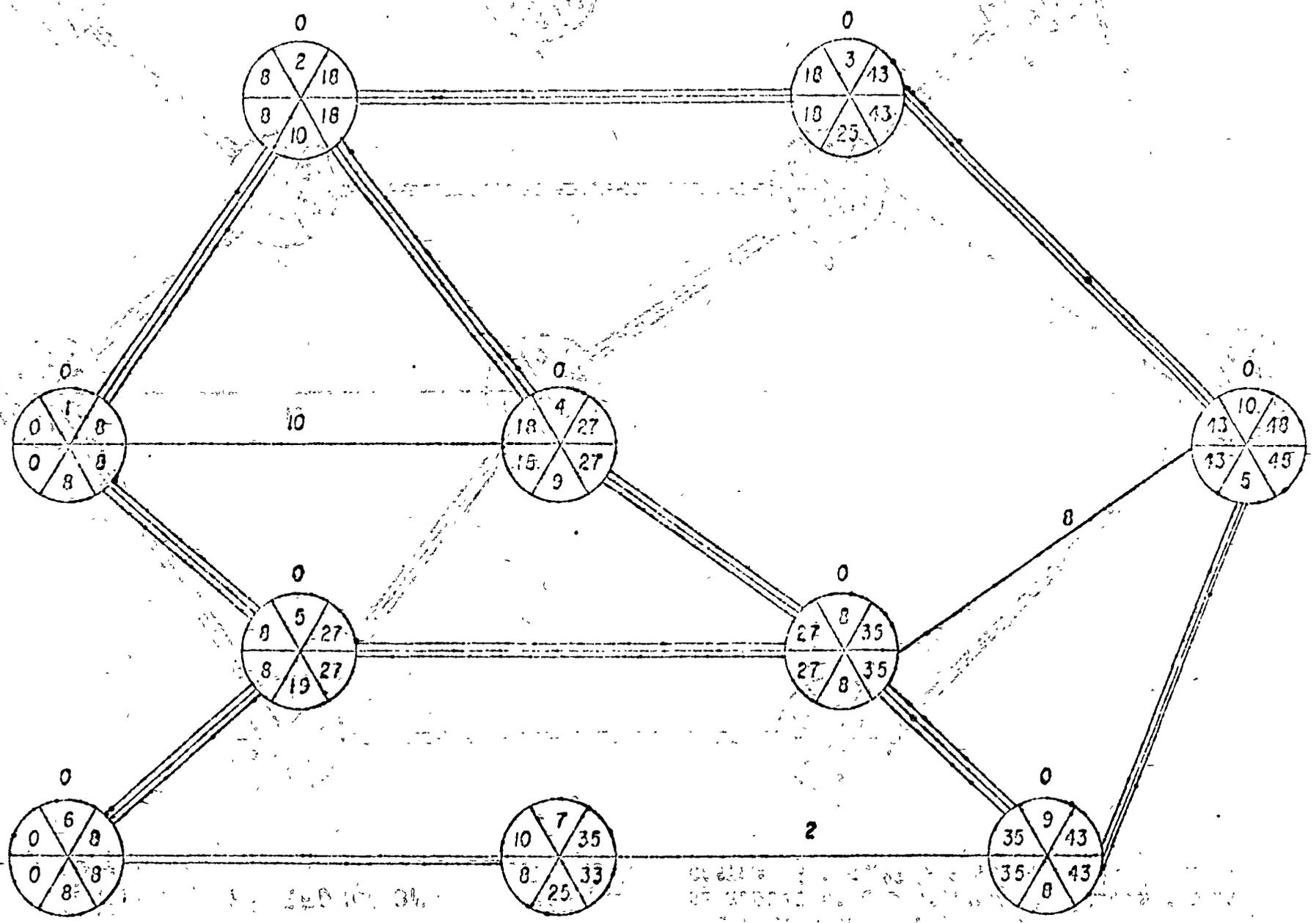


FIGURA Nº 17

7ª REDUCCION

NUEVA DURACION 46 dias  
 SE REDUJERON LAS ACTIVIDADES 3 y 8 EN 2 DIAS  
 COSTO = \$ 4460.00 + 2(100 + 400) = \$ 5460.00

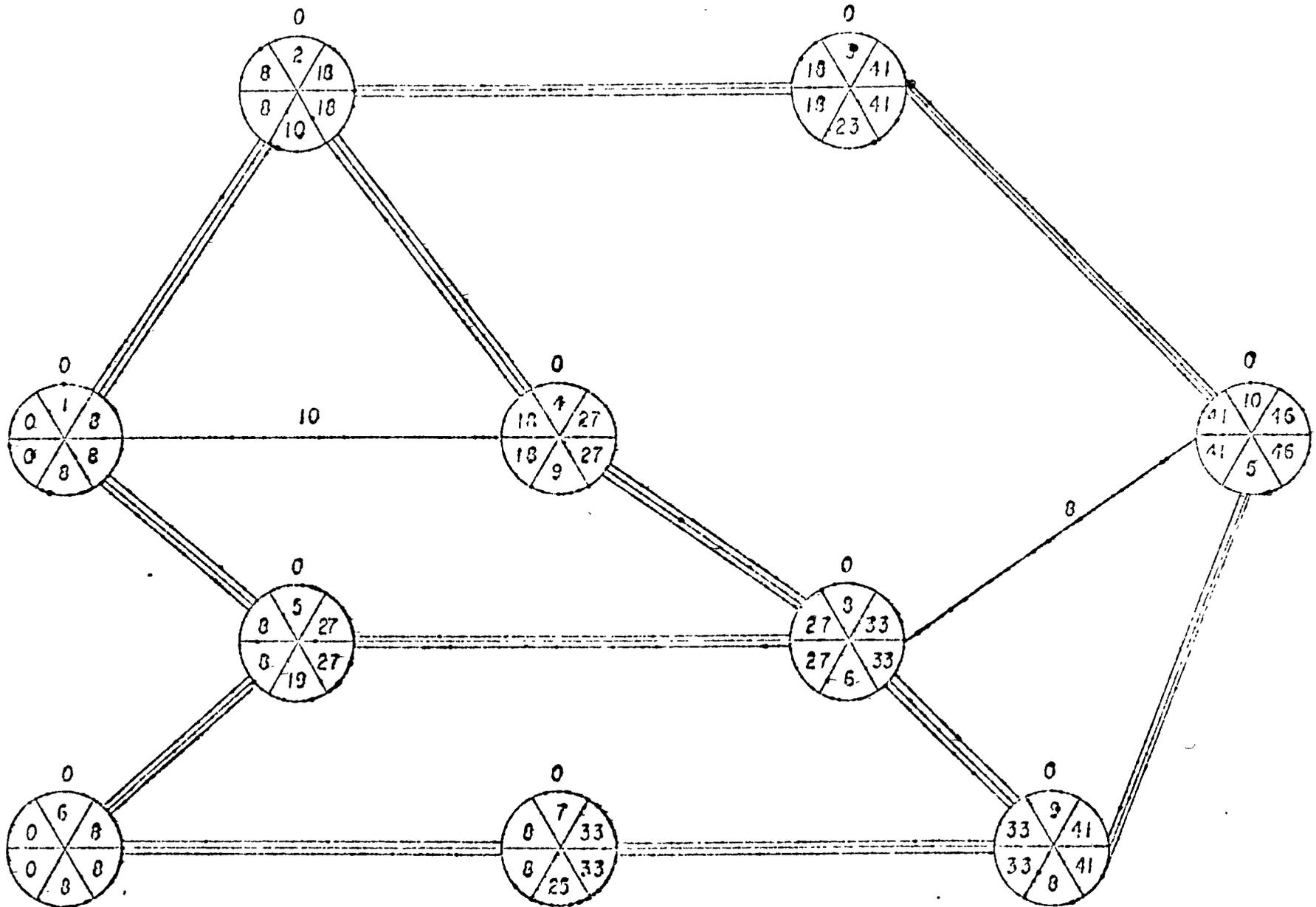


FIGURA N° 1

8ª REDUCCION

NUEVA DURACION 46 dias  
 SE REDUJERON LAS ACTIVIDADES: 3 EN 5 dias, 5 EN 4 dias, 6 EN 1 dia .y.  
 7 EN 10 dias  
 COSTO: \$ 5460.00 + (5 x 100 + 4 x 180 + 1 x 75 + 10 x 240) = \$ 9155.00

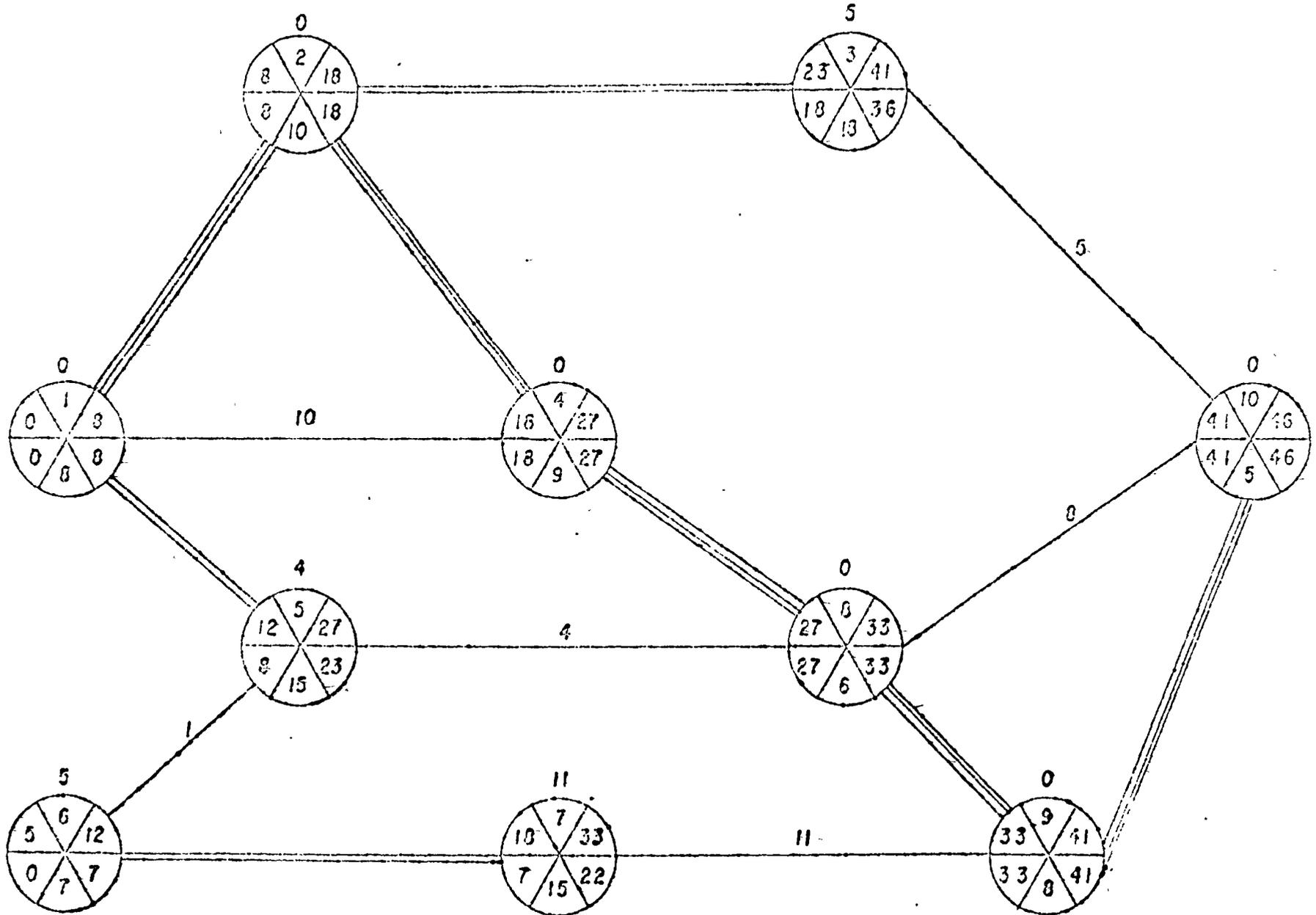


FIGURA Nº 19

# CURVA DE COSTO DIRECTO

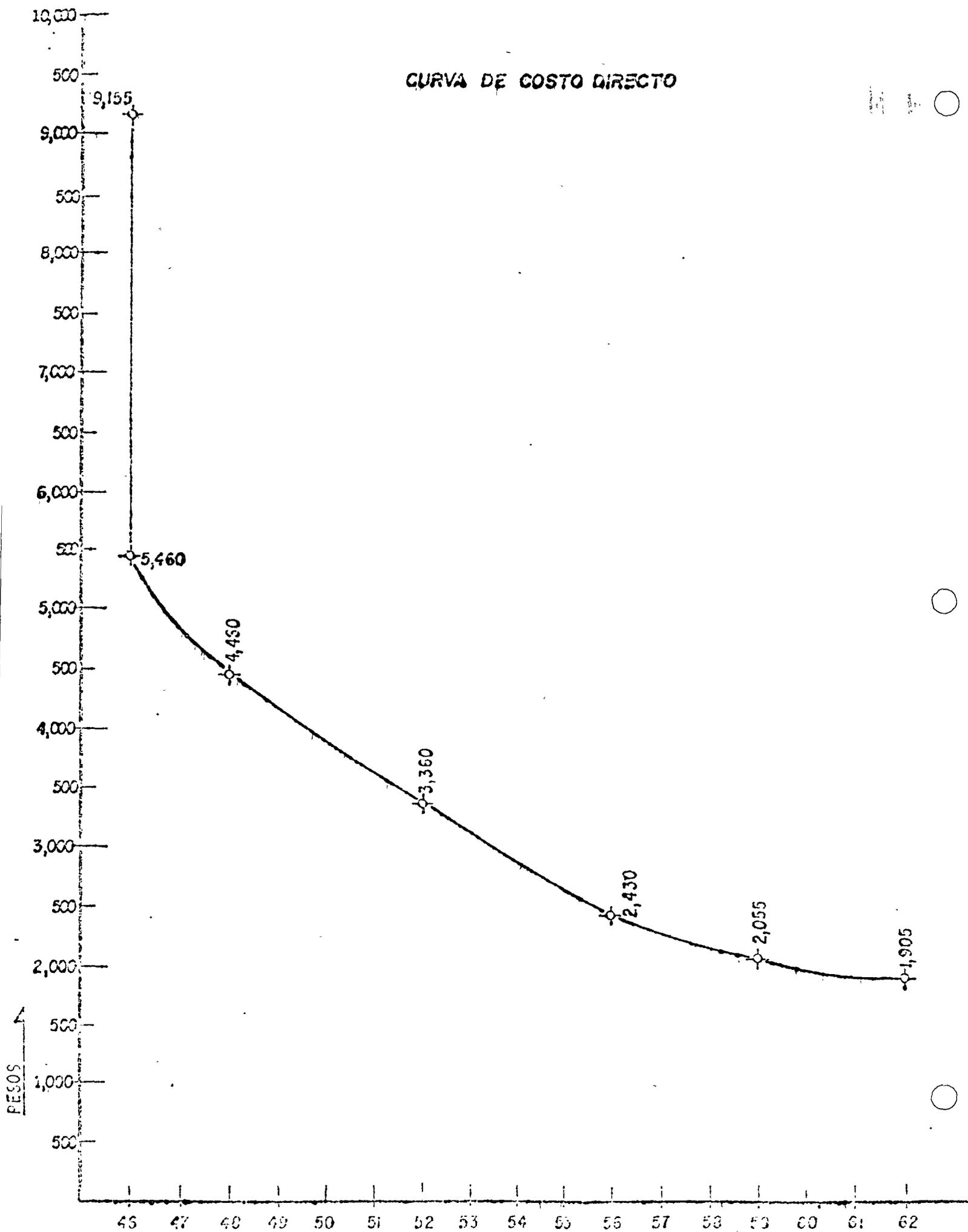
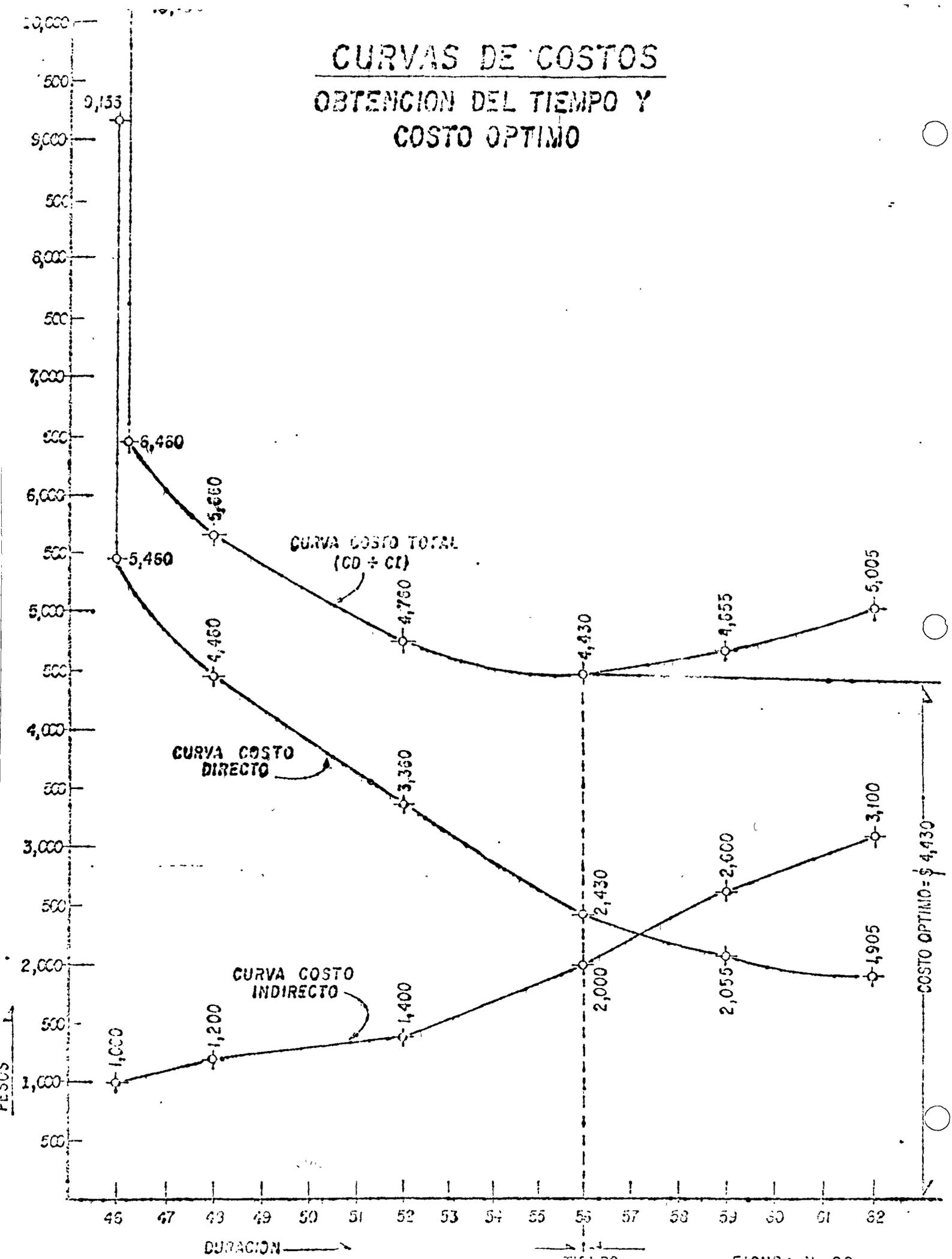


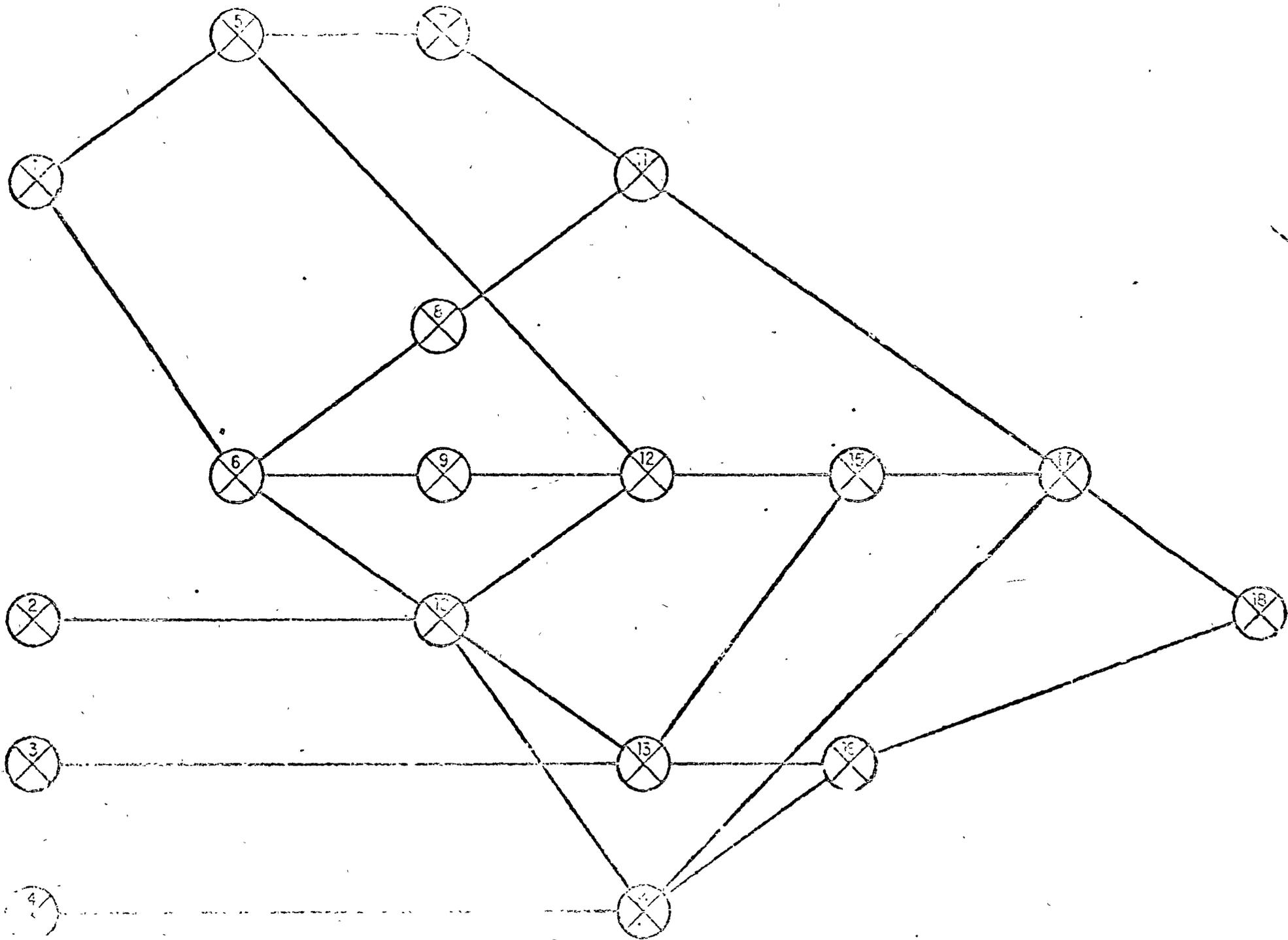
TABLA DE COSTOS			
DIA	COSTO DIRECTO ACUMULADO	COSTO INDIRECTO ACUMULADO	COSTO TOTAL
46	9155	1000	10155
48	5460	1000	6460
48	4460	1200	5660
50	3910	1300	5210
52	3360	1400	4760
54	2895	1700	4595
56	2430	2000	4430
59	2055	2600	4655
62	1905	3100	5005

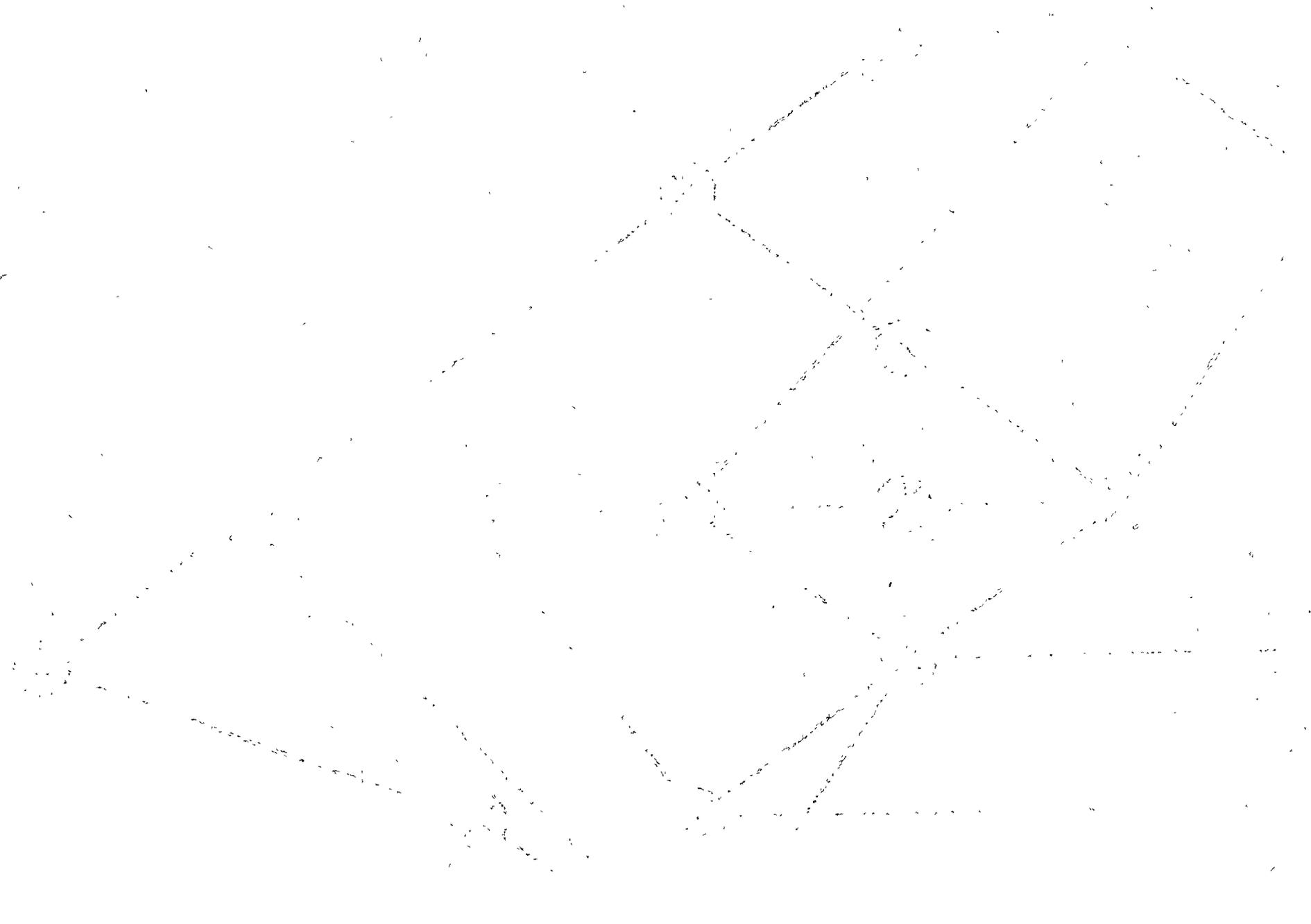
FIGURA N.º 21

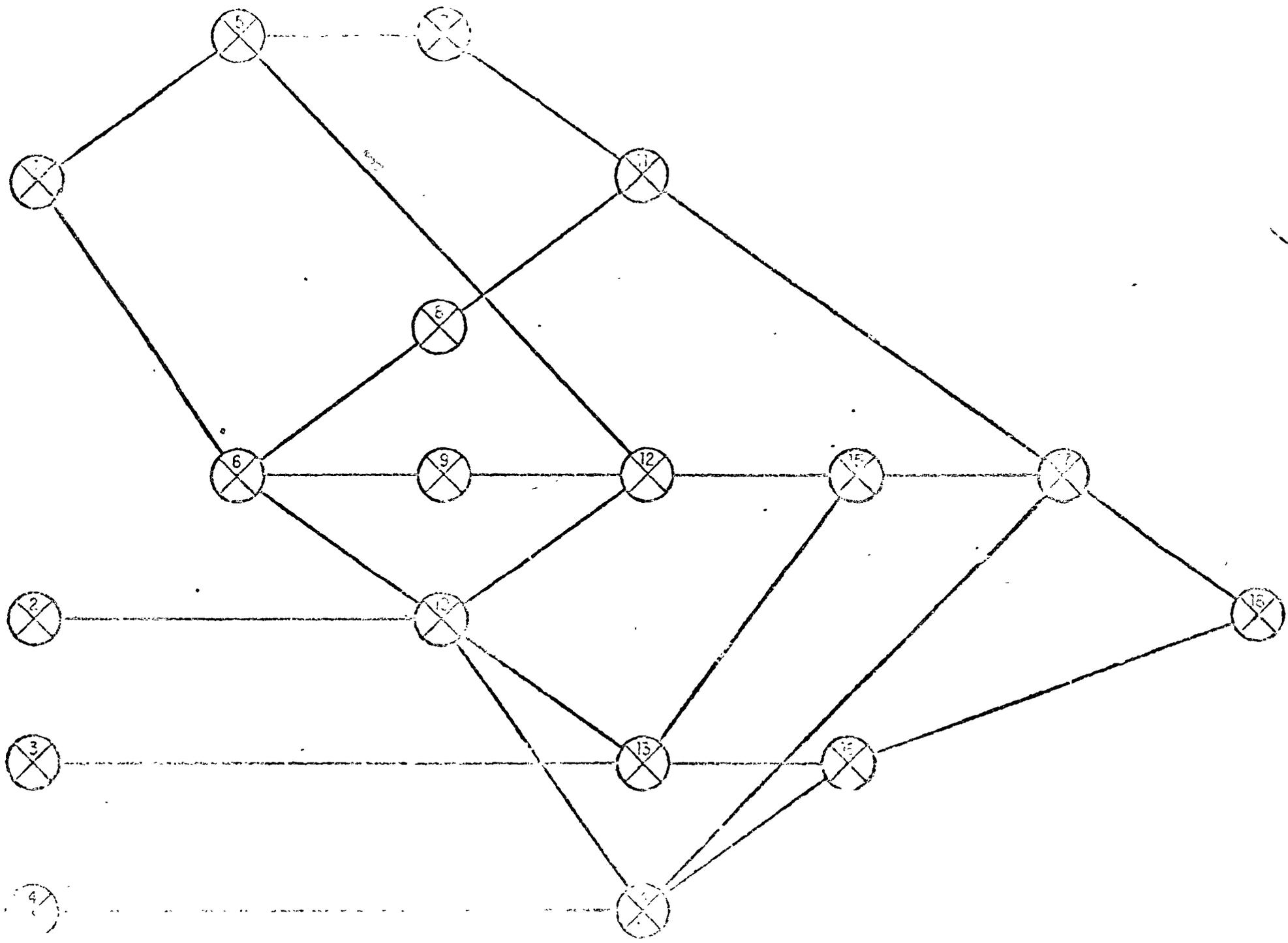
# CURVAS DE COSTOS

## OBTENCION DEL TIEMPO Y COSTO OPTIMO





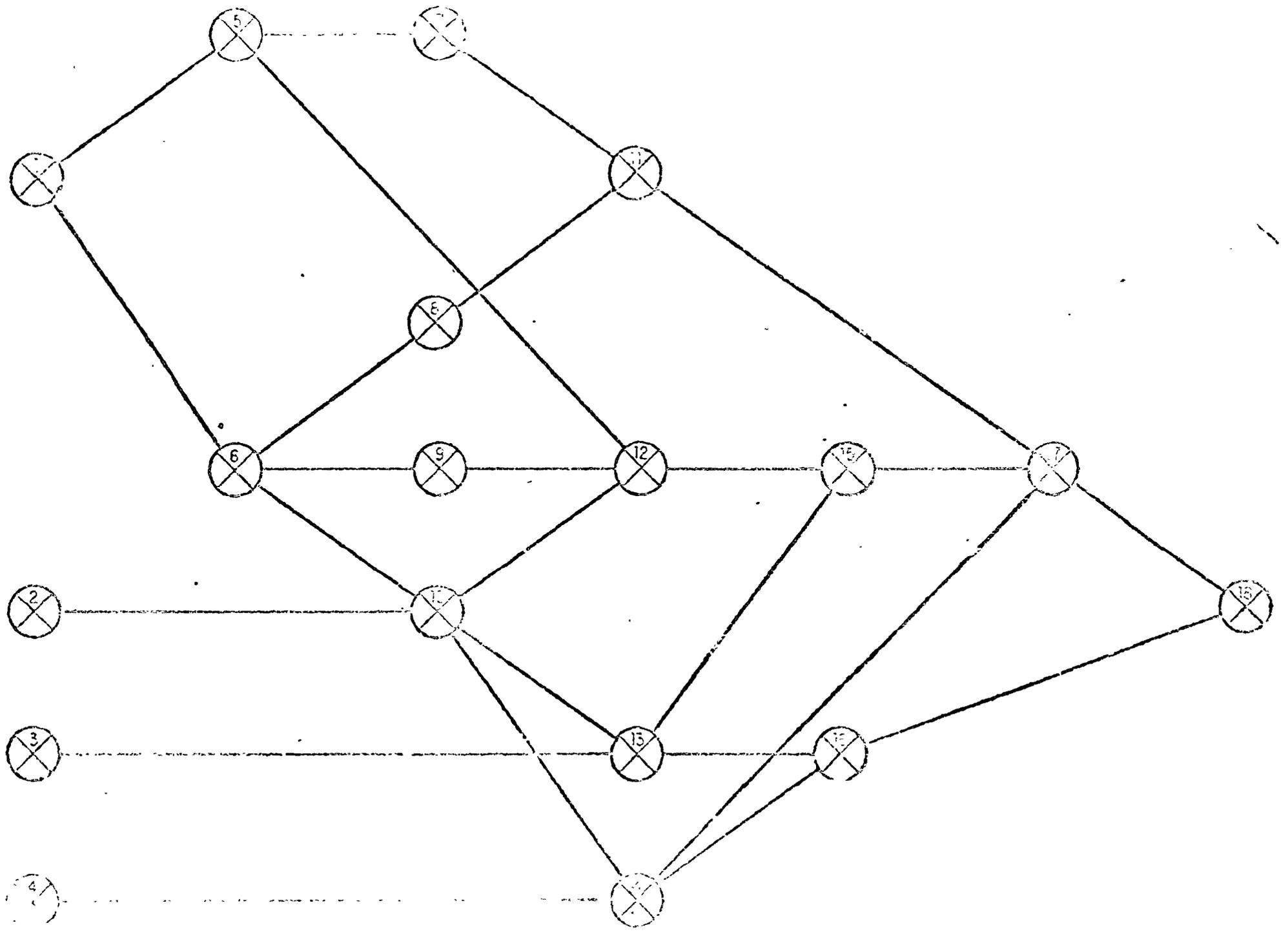




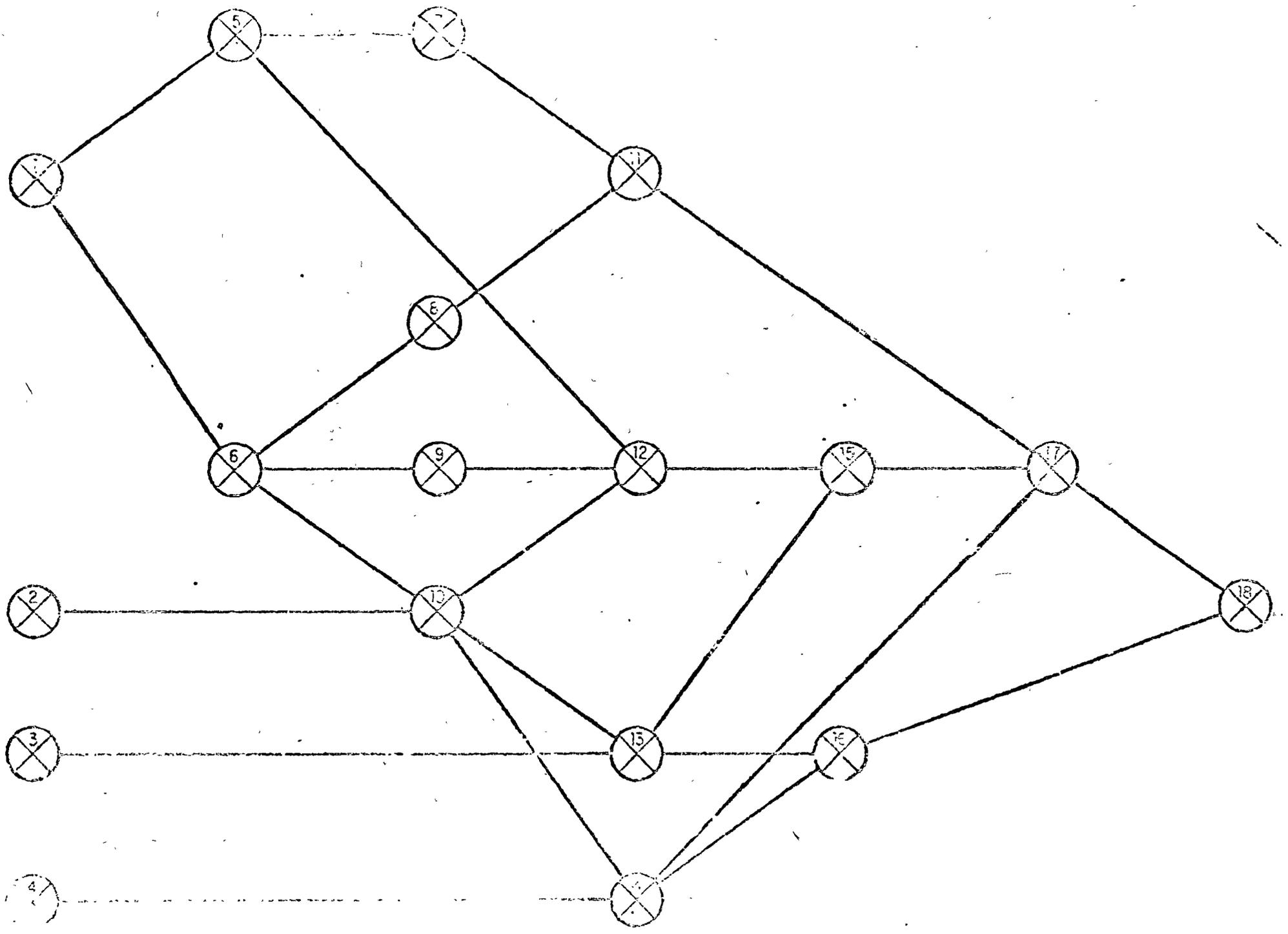
25



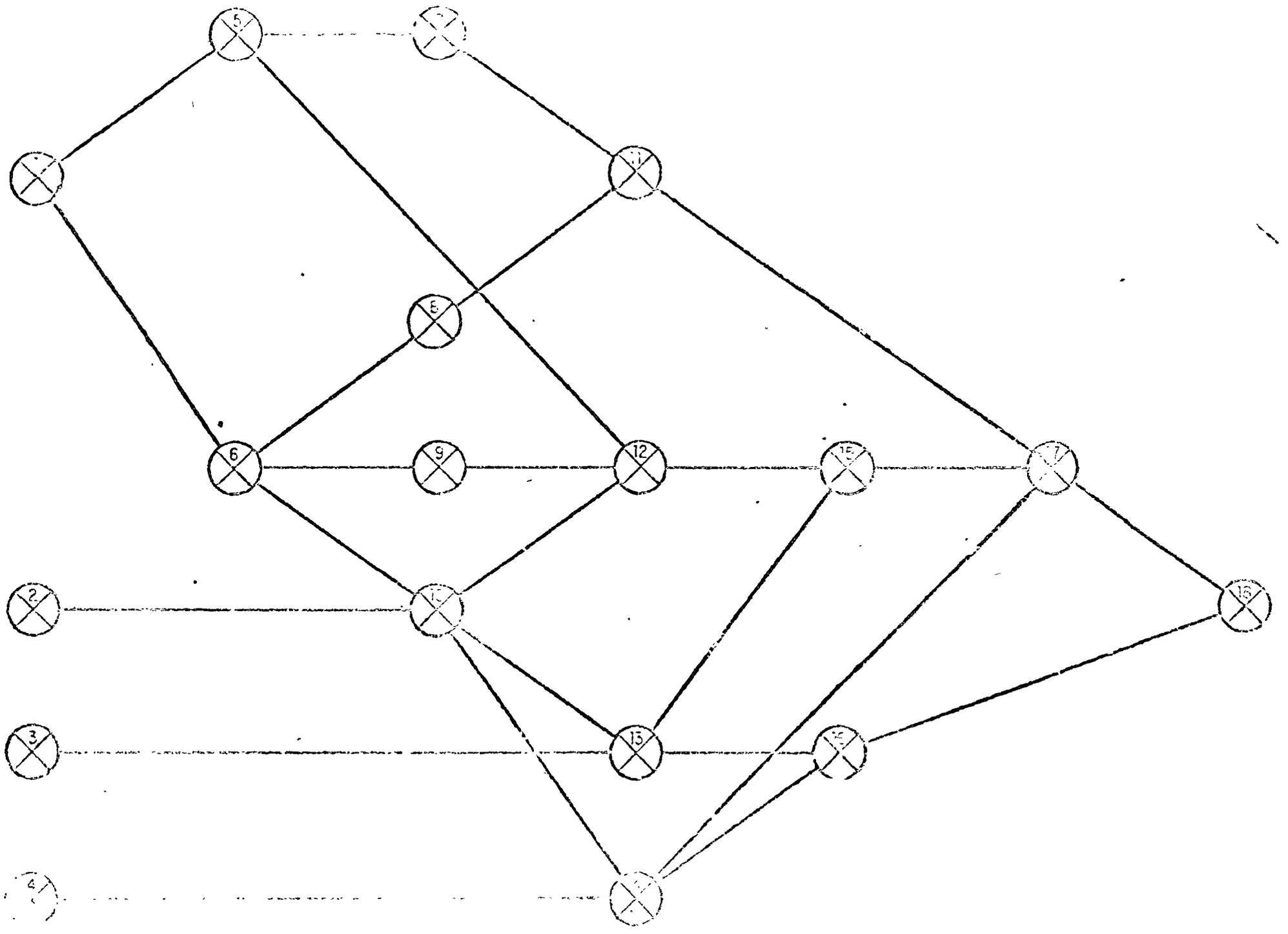




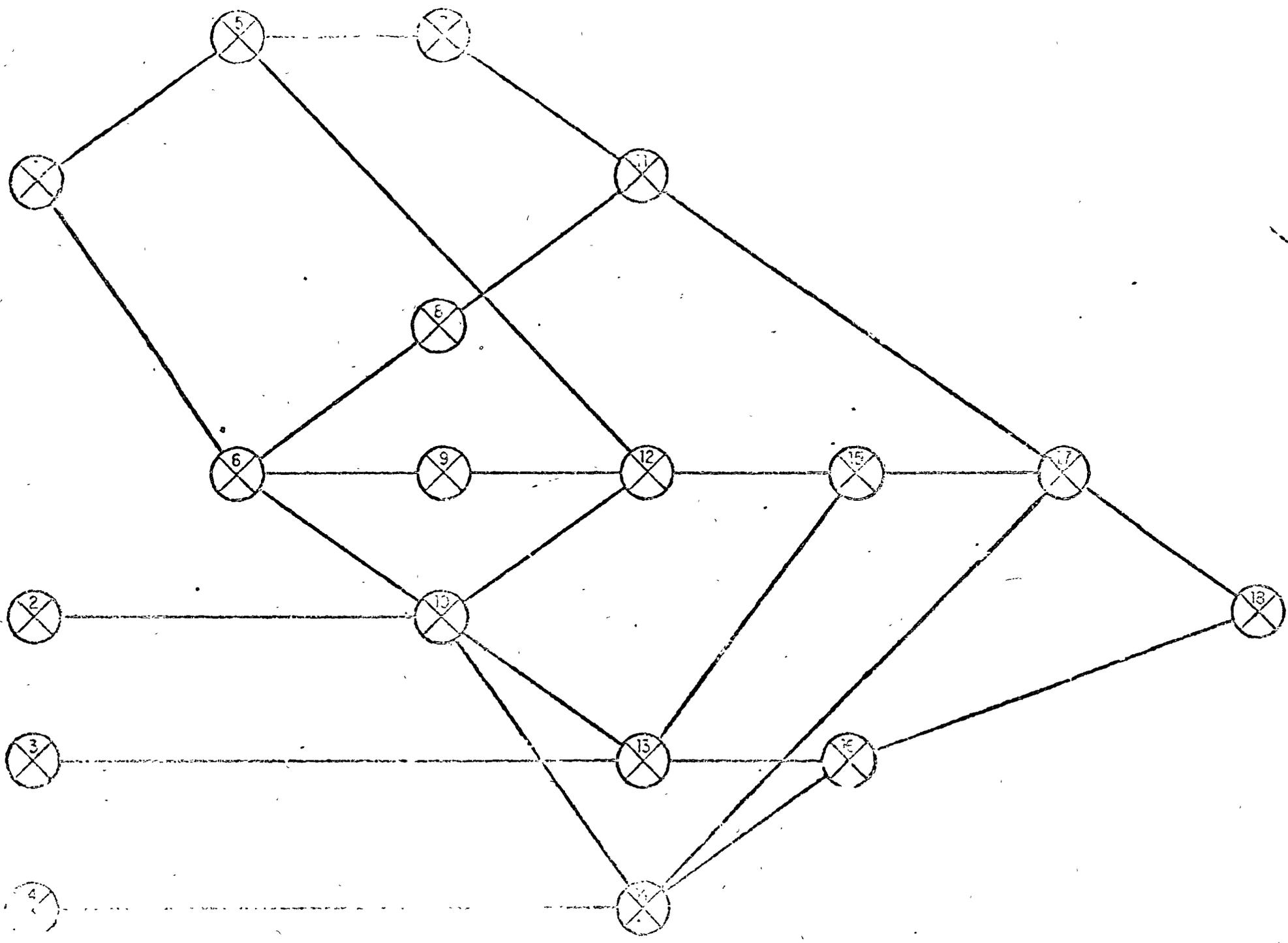




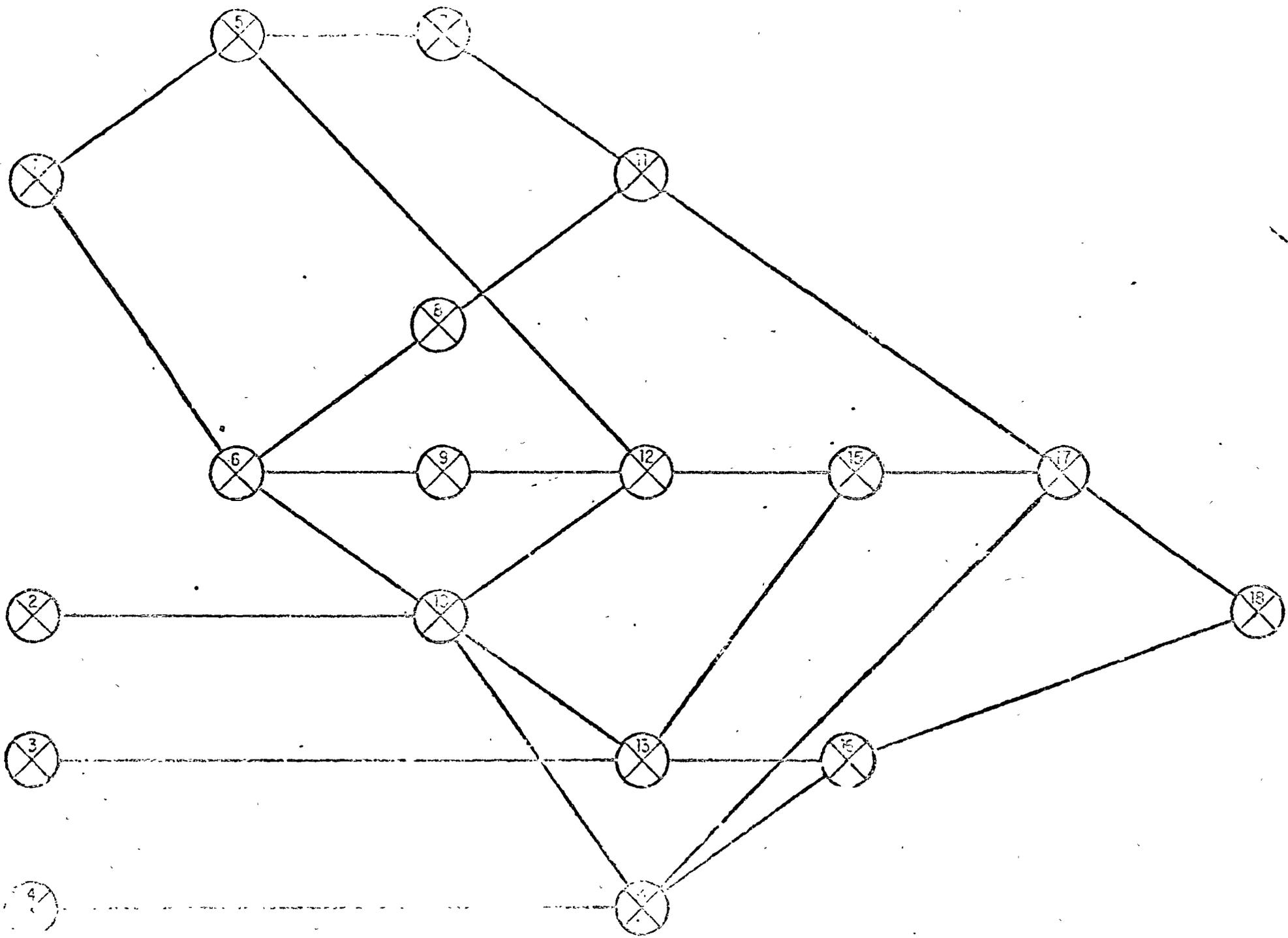




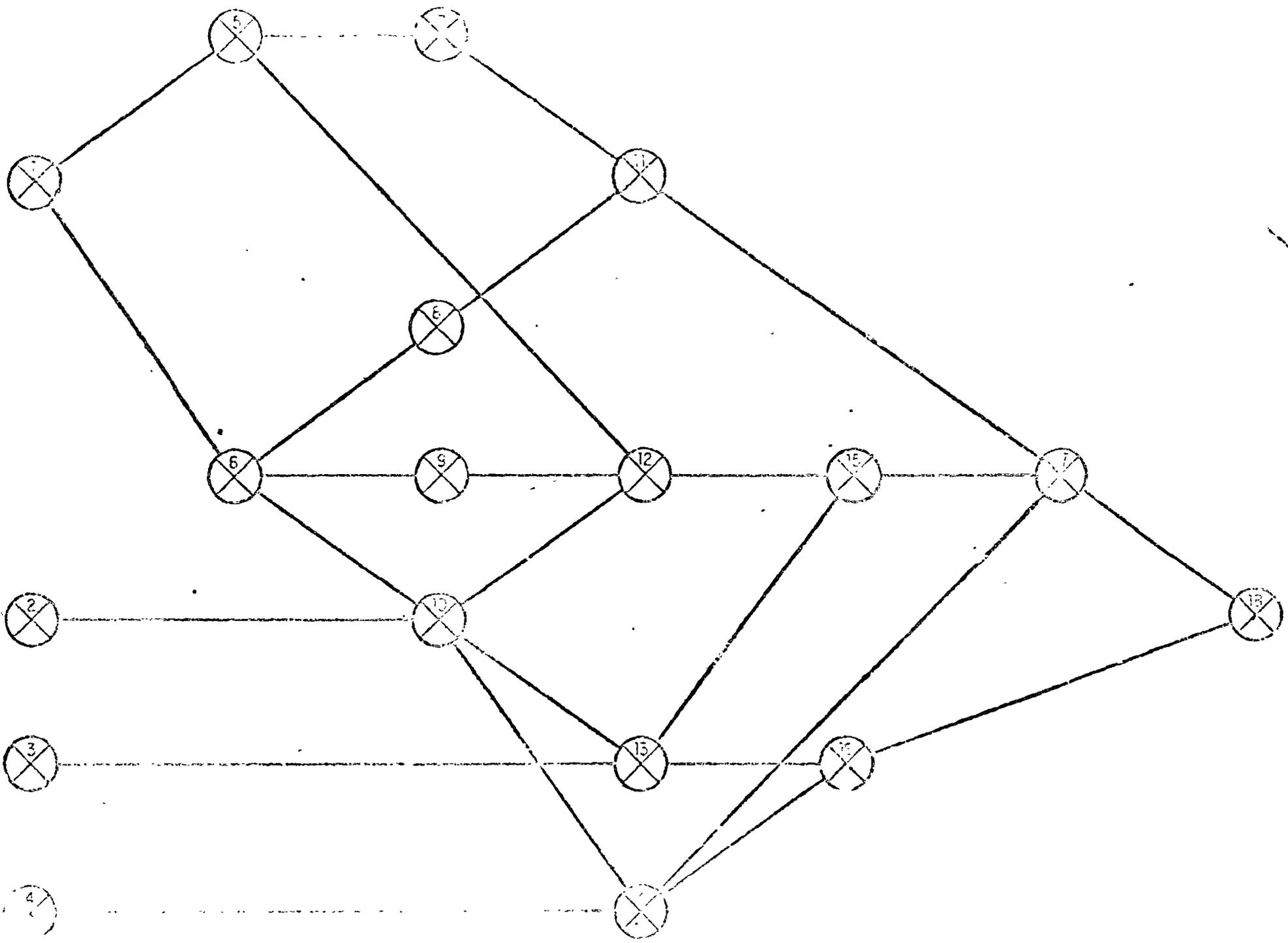












1. 8

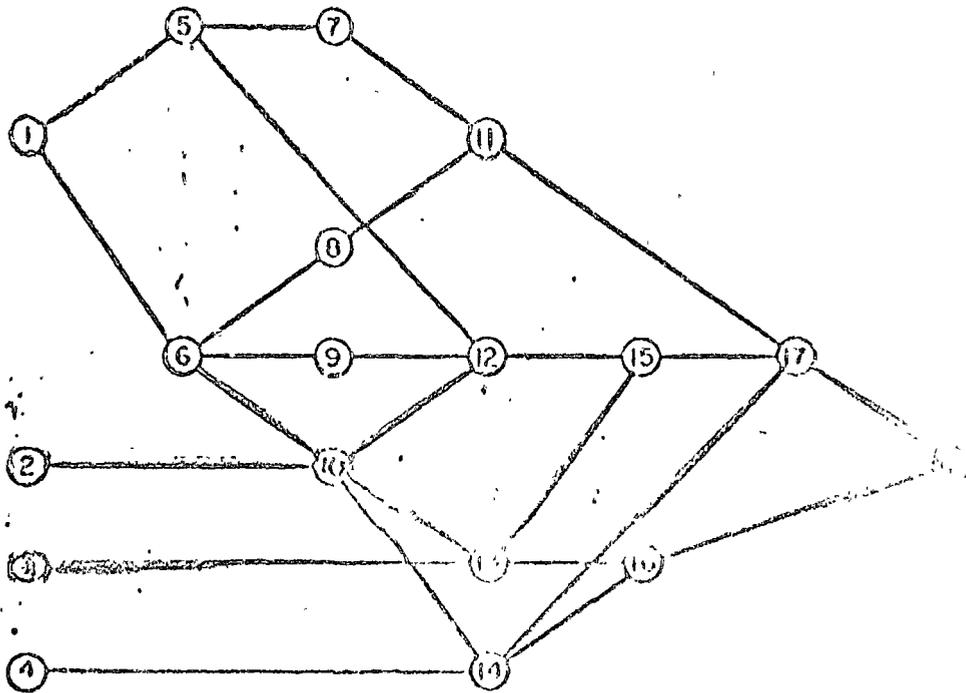
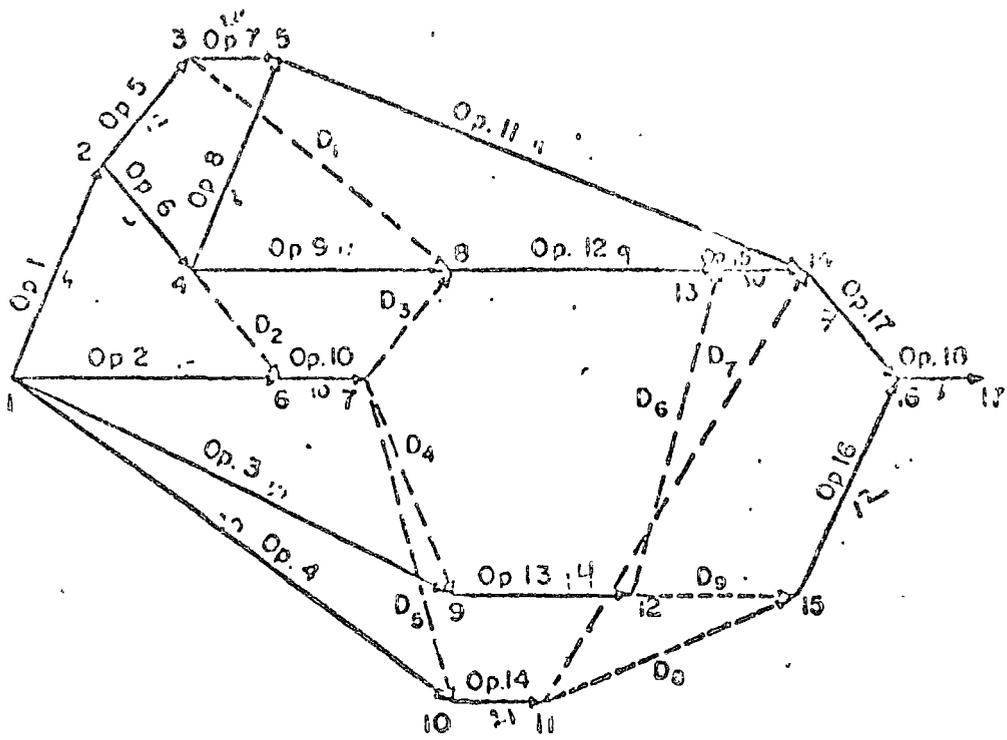


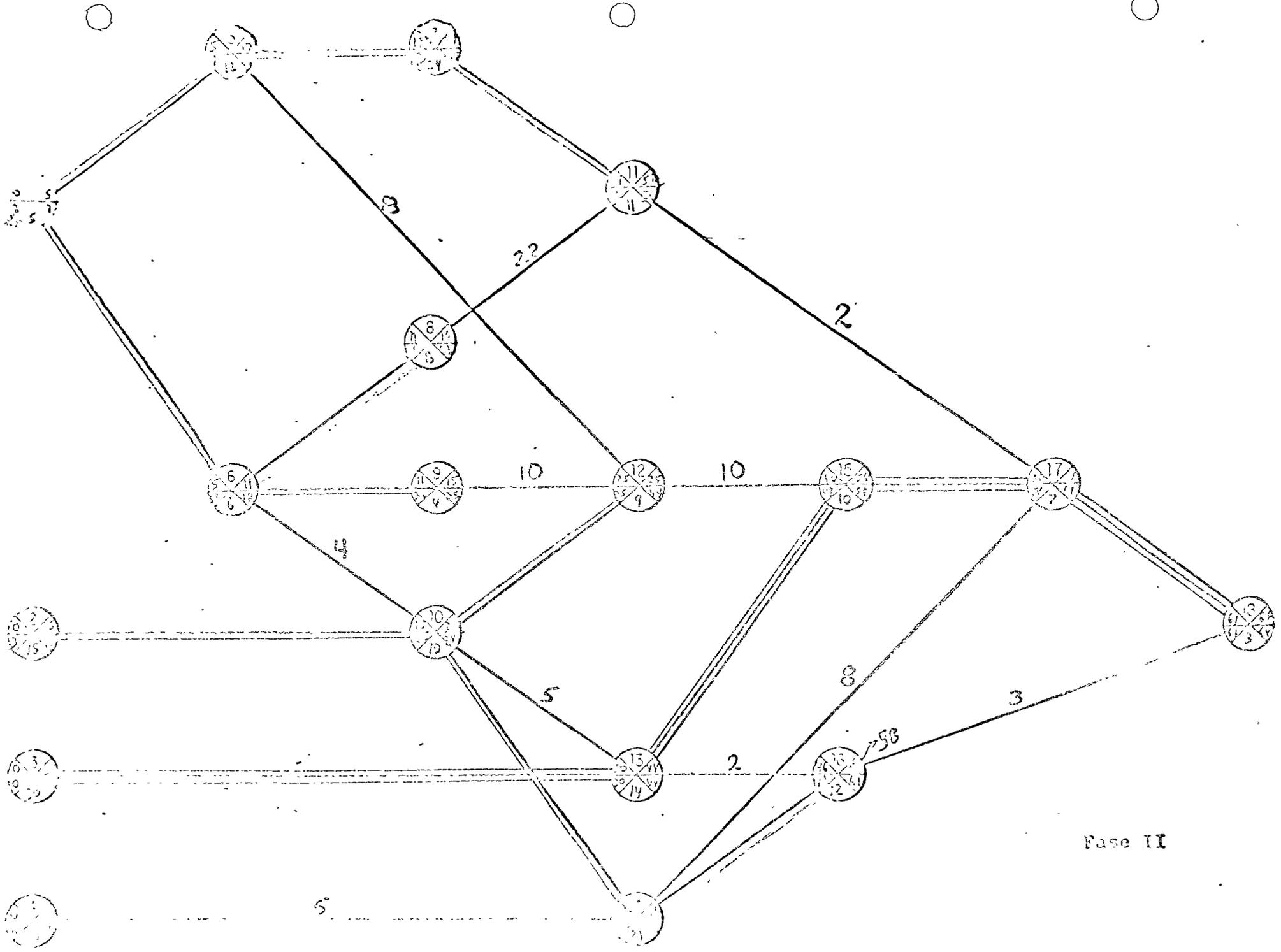


Ejercicio: Con los datos enlistados a continuación, desarrollar las 3 fases del método de la ruta crítica, incluyendo el programa de barras respectivo.

Operación	Debe seguir a la operación (es)	$t_n$	$t_m$	Para $t_n$ \$	Para $t_m$ \$	
1	-	5	5	\$ 1,500	1,500	—
2	-	15	10	7,200	8,000	- 150
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	7,600	250
8	6	8	5	1,000	1,240	80
9	6	4	3	600	500	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	—

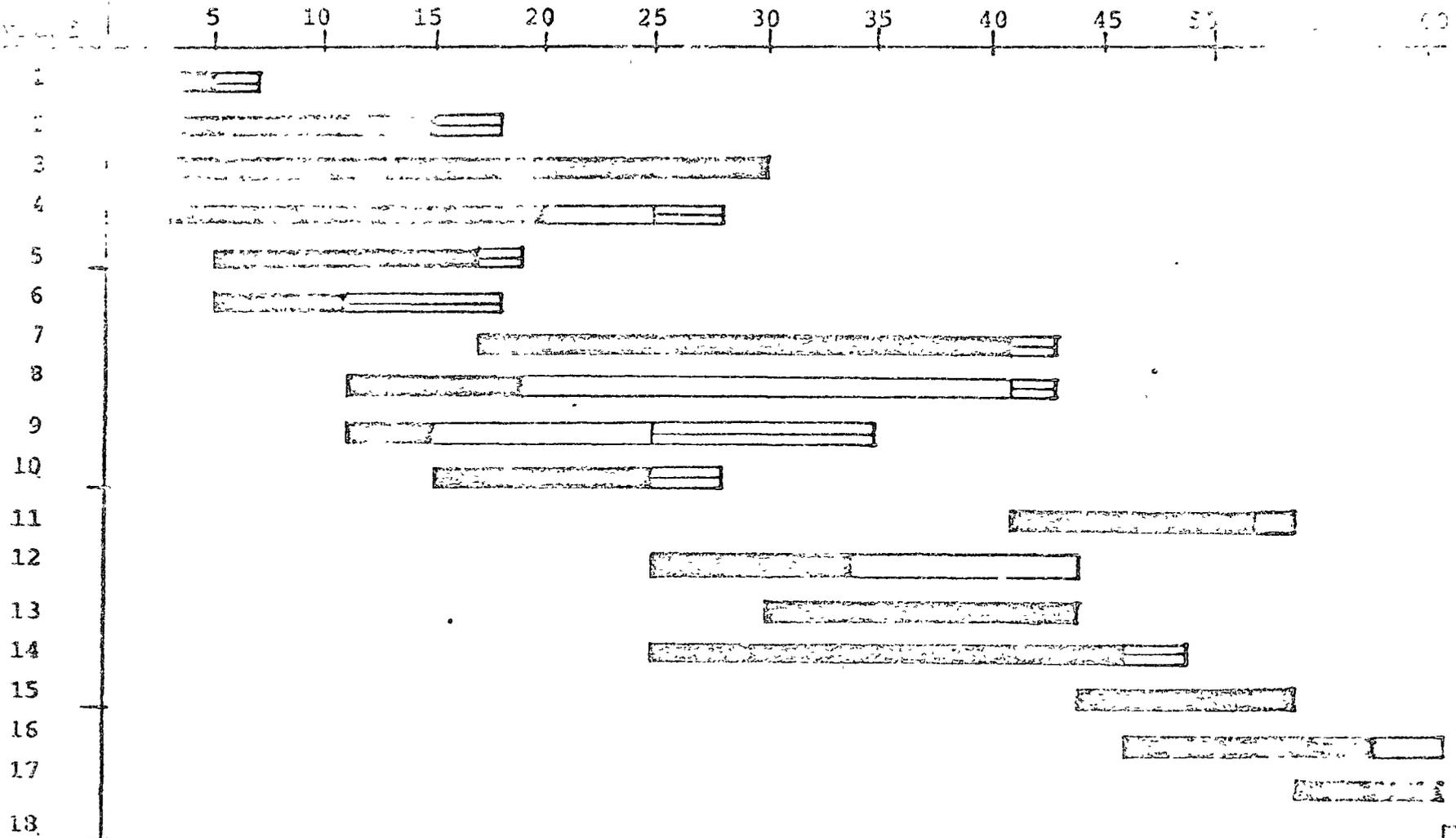




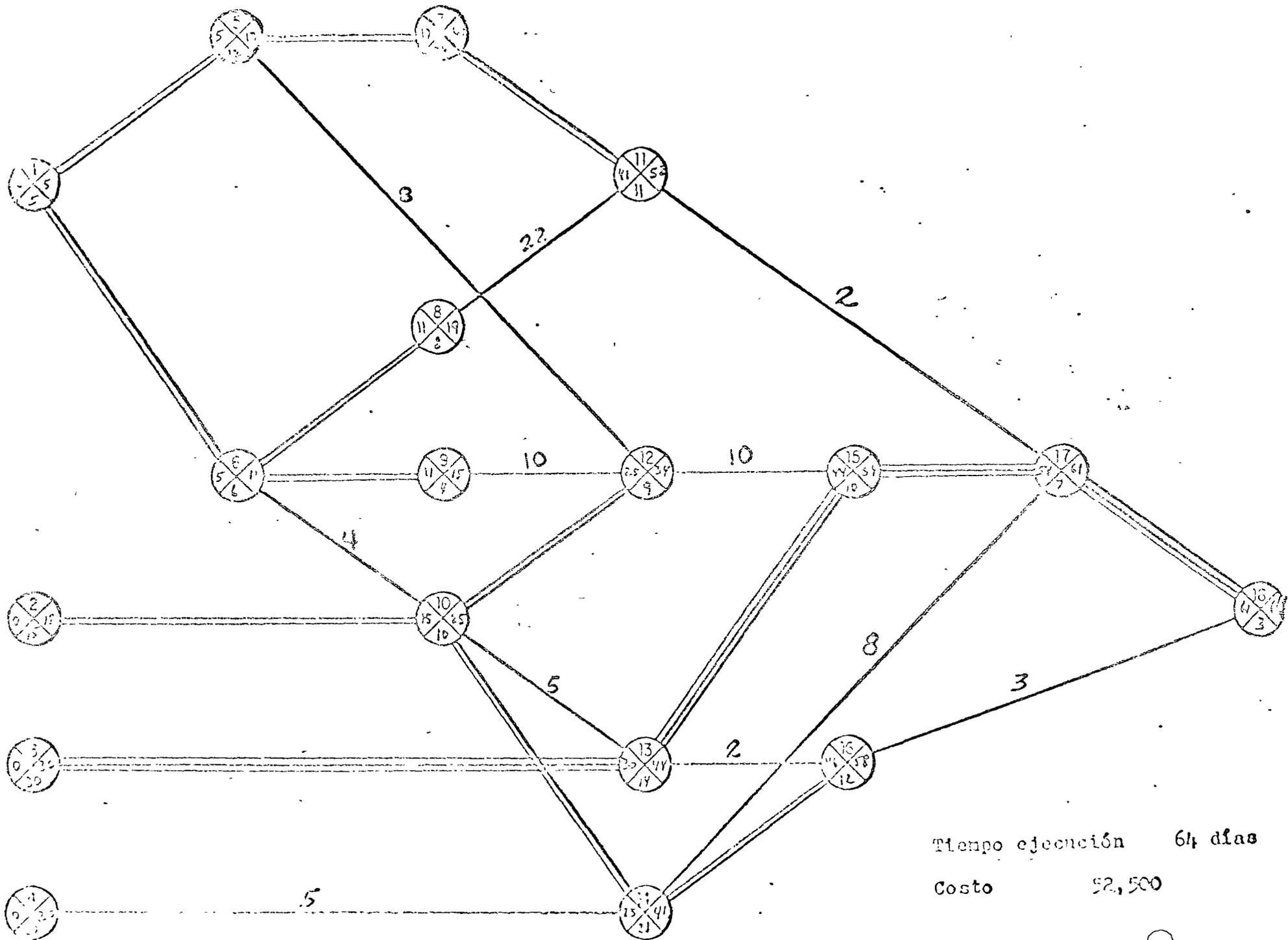


Fase II

Días hábiles laborados

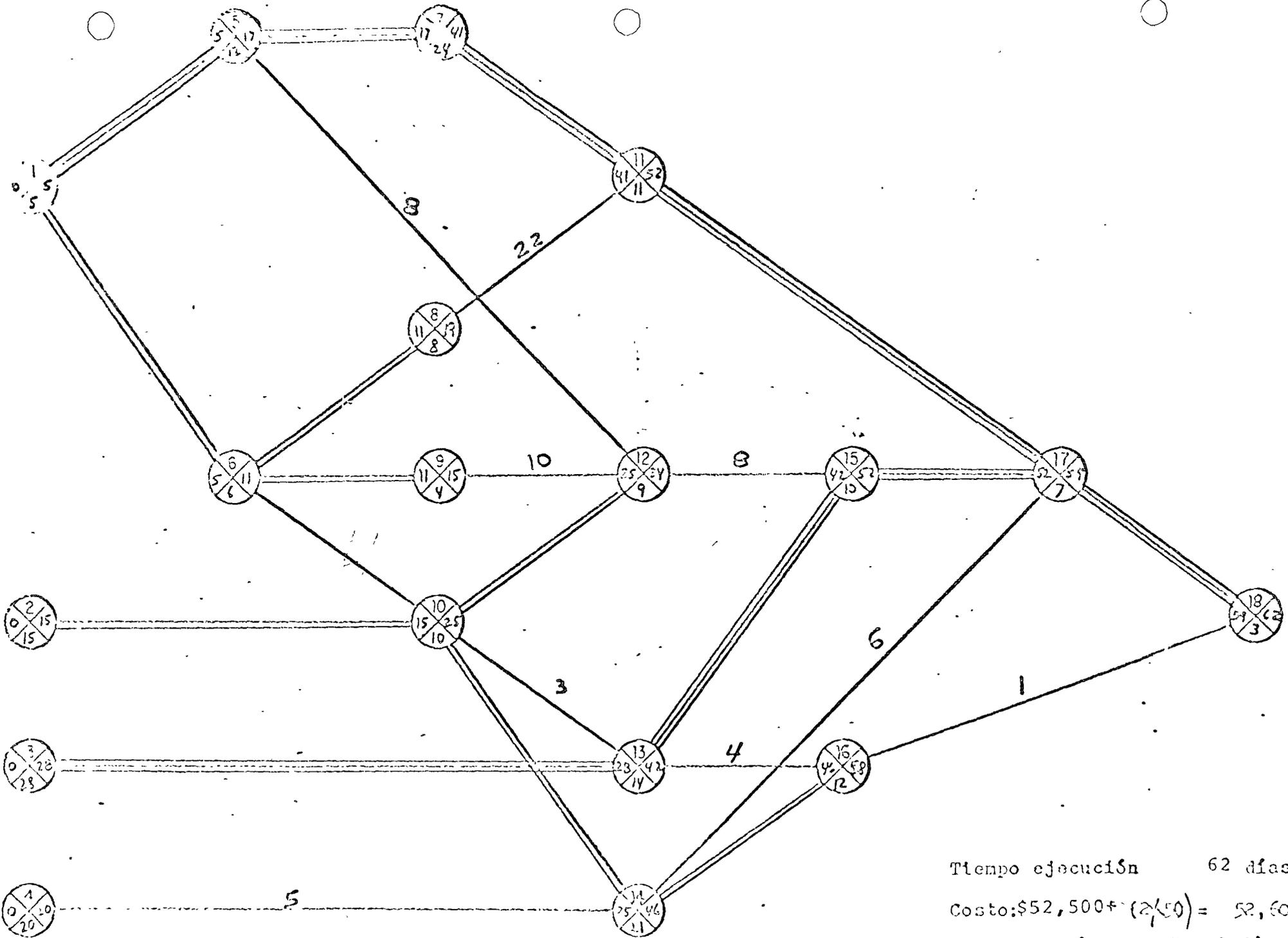


Duración actividad   
 Holgura con interferencia   
 Holgura libre 

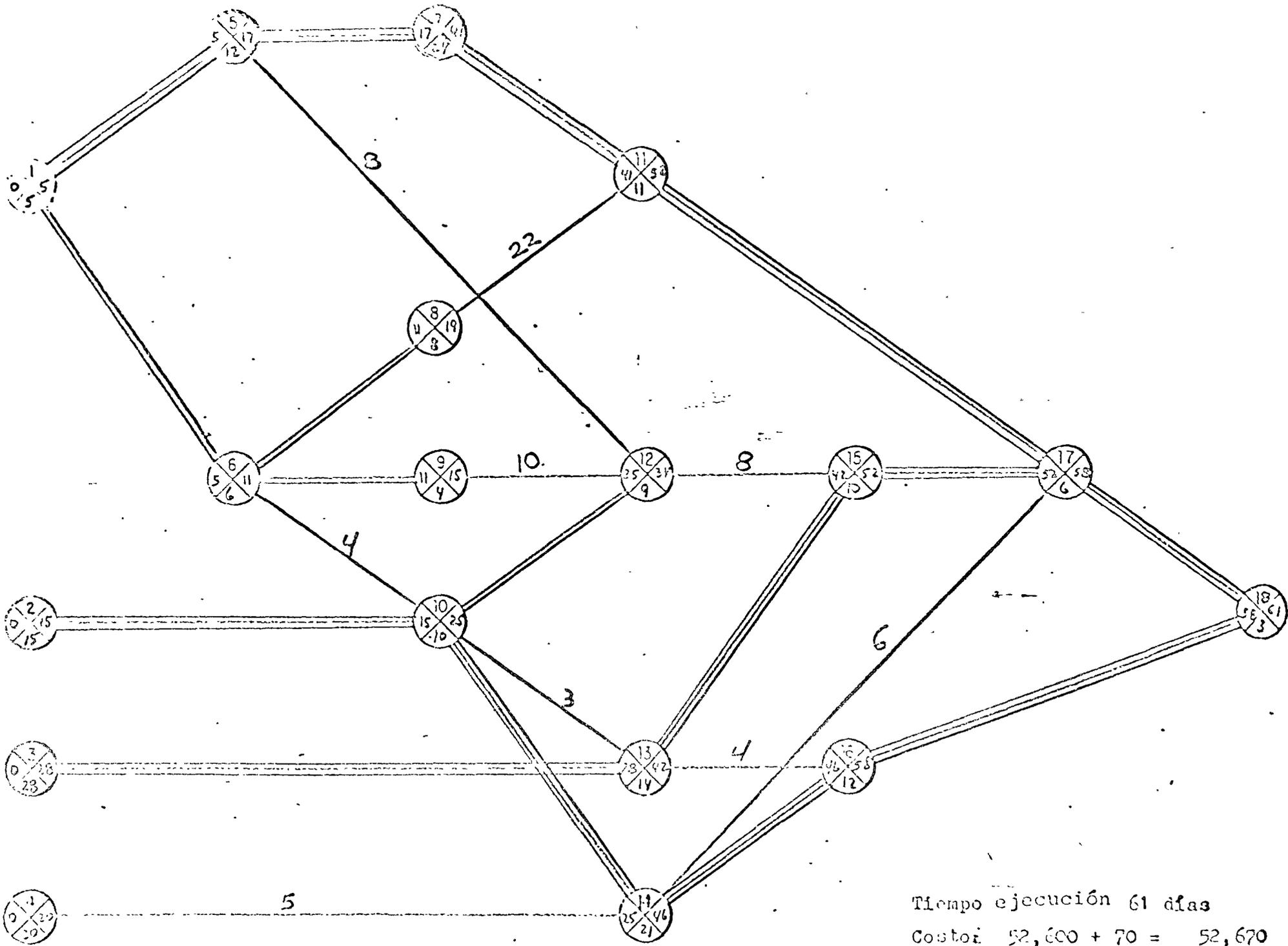


Tiempo ejecución 64 días

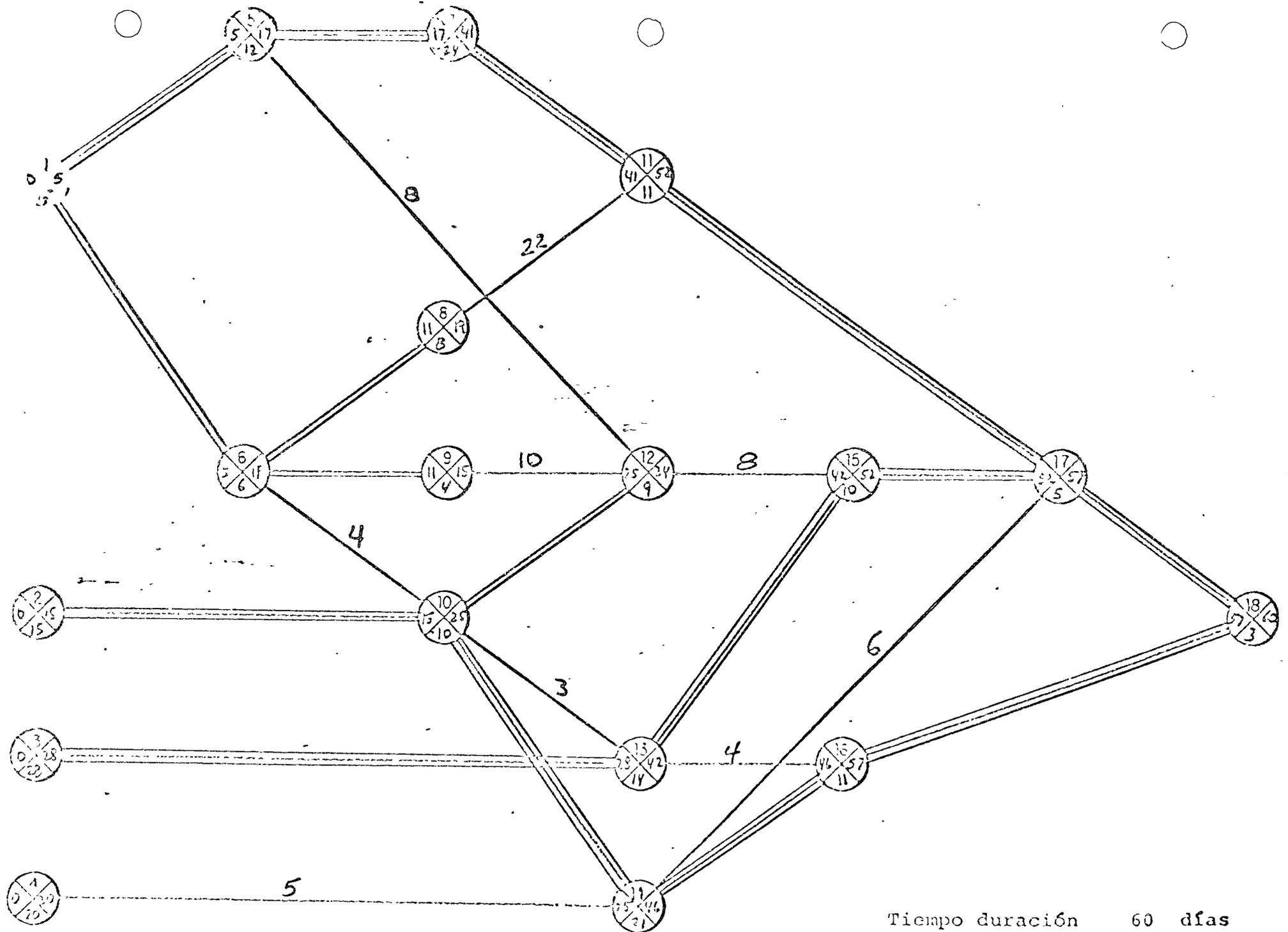
Costo 52,500



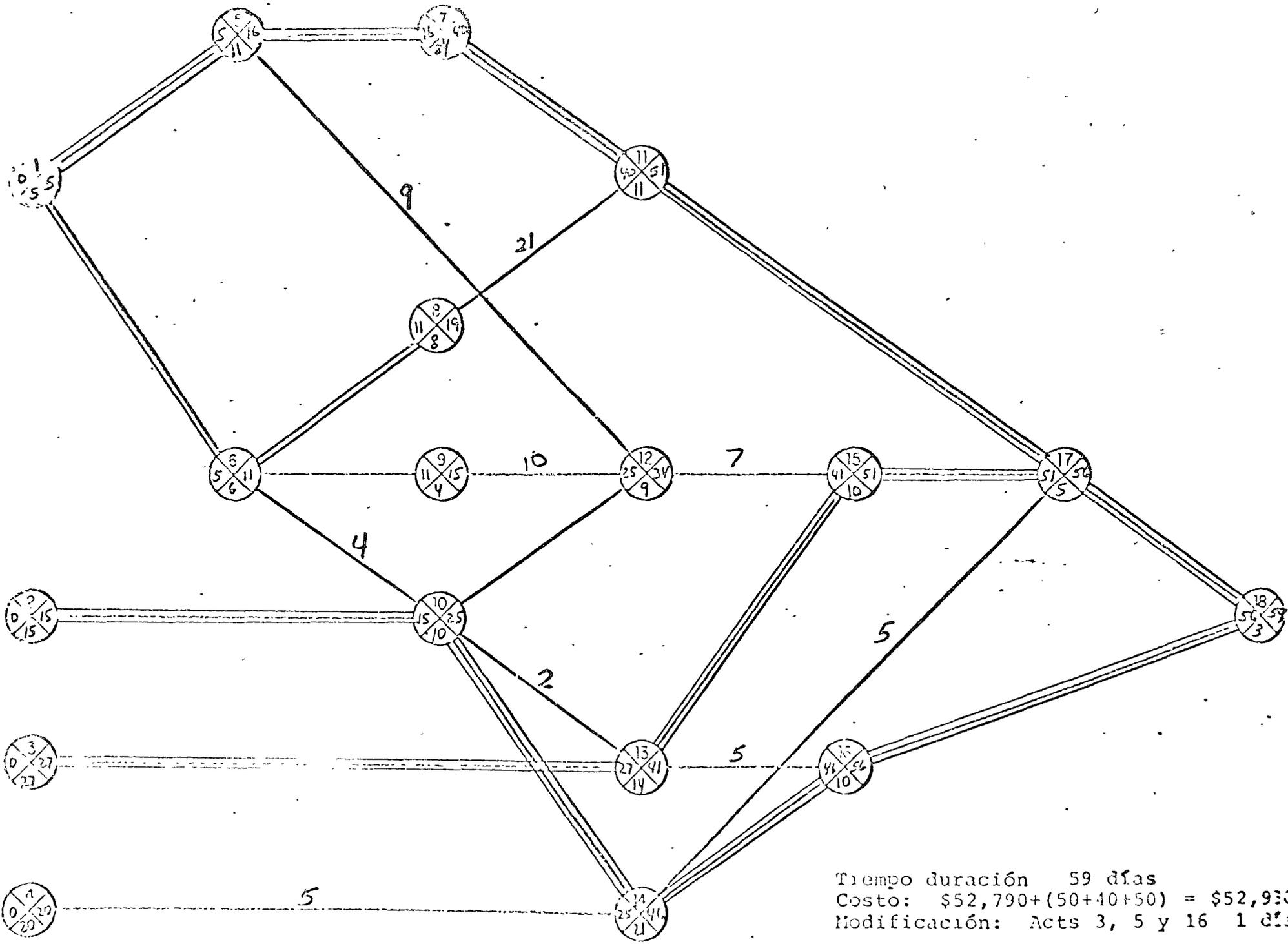
Tiempo ejecución 62 días  
 Costo: \$52,500 + (2/50) = 52,600  
 Modificación Act. 3: 2 días



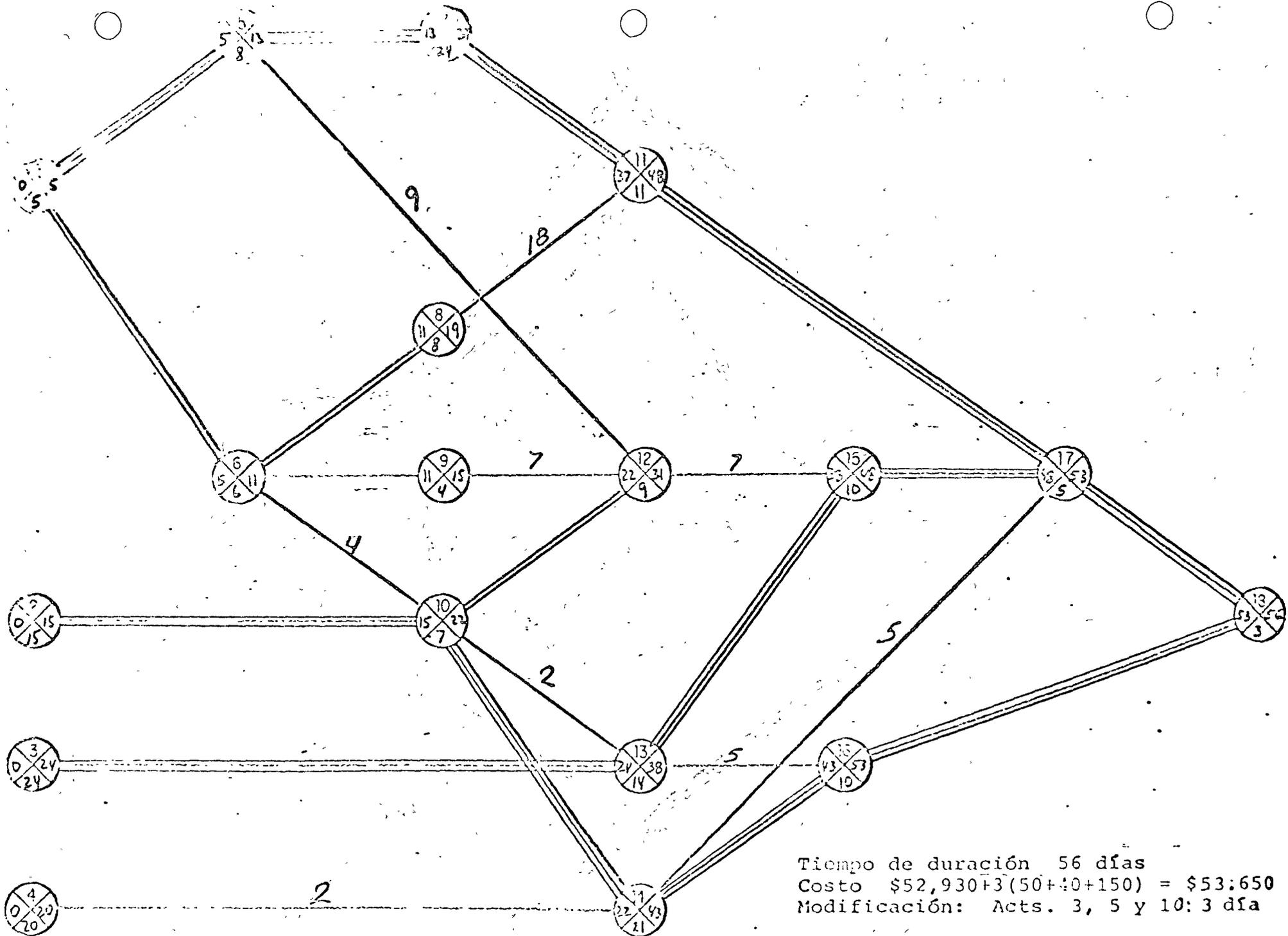
Tiempo ejecución 61 días  
 Costo: 52,600 + 70 = 52,670  
 Modificación Act. 17  $\bigcirc$  1 día



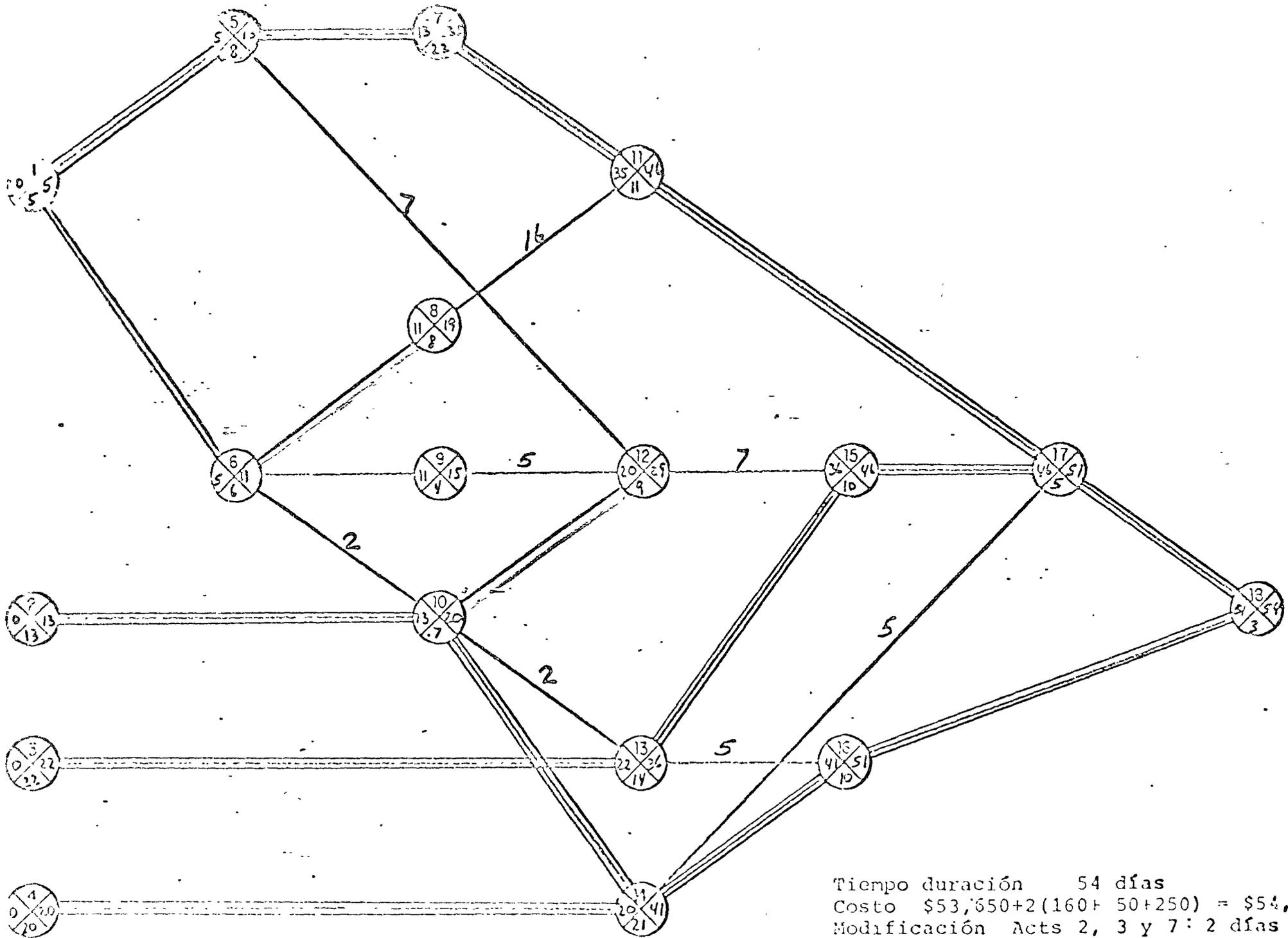
Tiempo duración 60 días  
 Costo \$52,670 + (70 + 50) = \$52,790  
 Modificación: Acts. 16 y 17 1 día



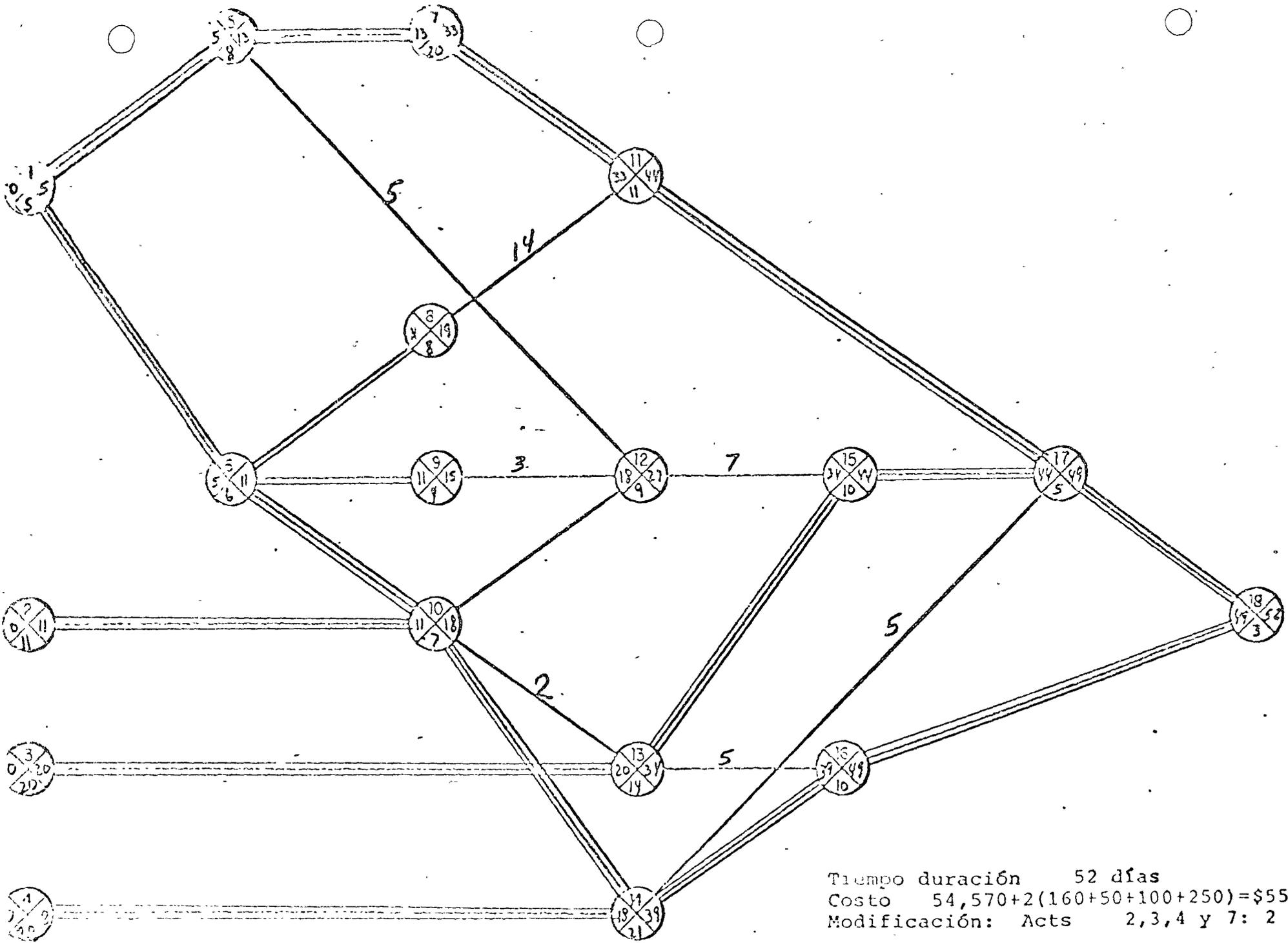
Tiempo duración 59 días  
 Costo: \$52,790+(50+40+50) = \$52,930  
 Modificación: Acts 3, 5 y 16 1 día



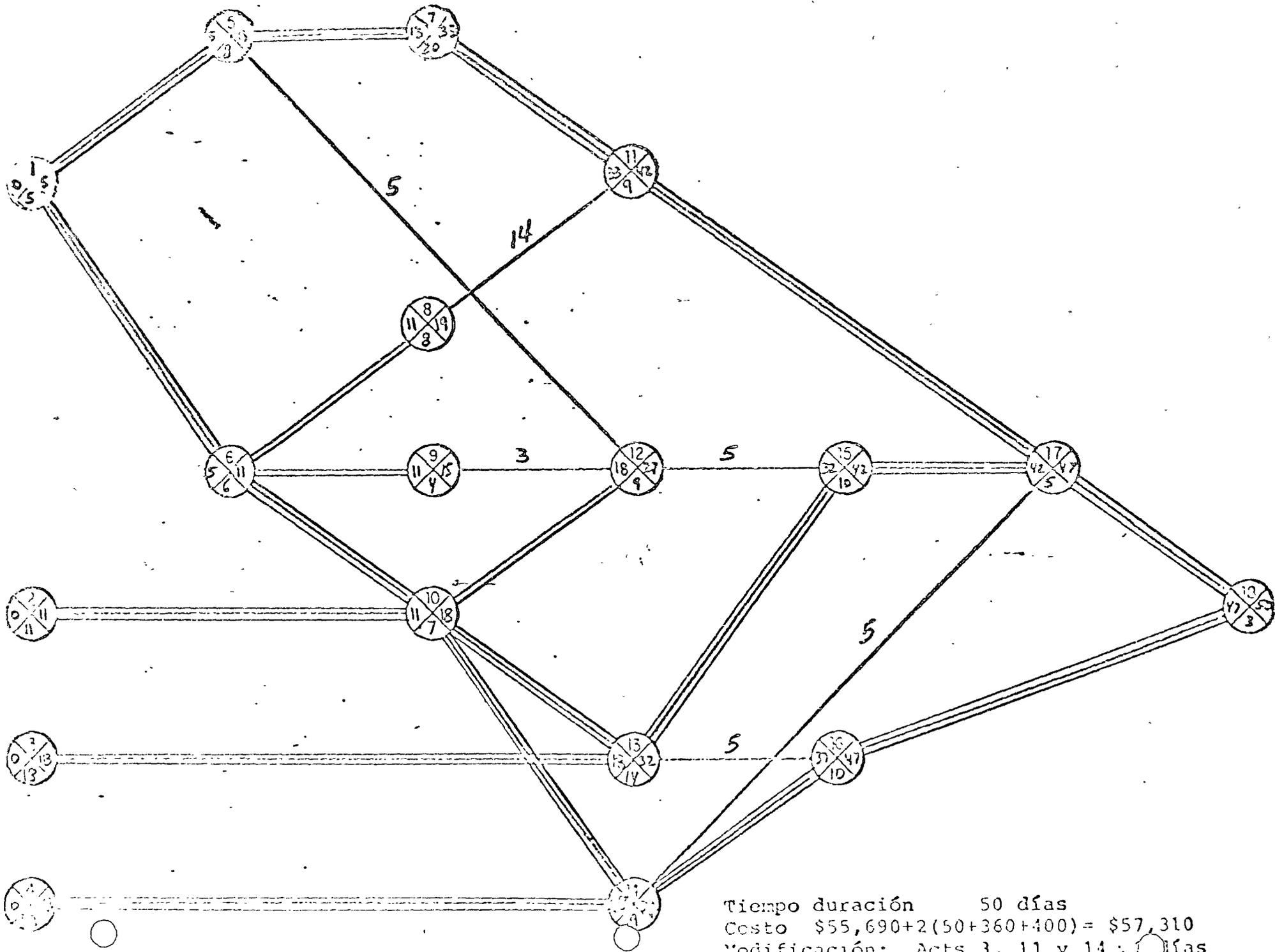
Tiempo de duración 56 días  
 Costo  $\$52,930 + 3(50 + 40 + 150) = \$53,650$   
 Modificación: Acts. 3, 5 y 10: 3 día



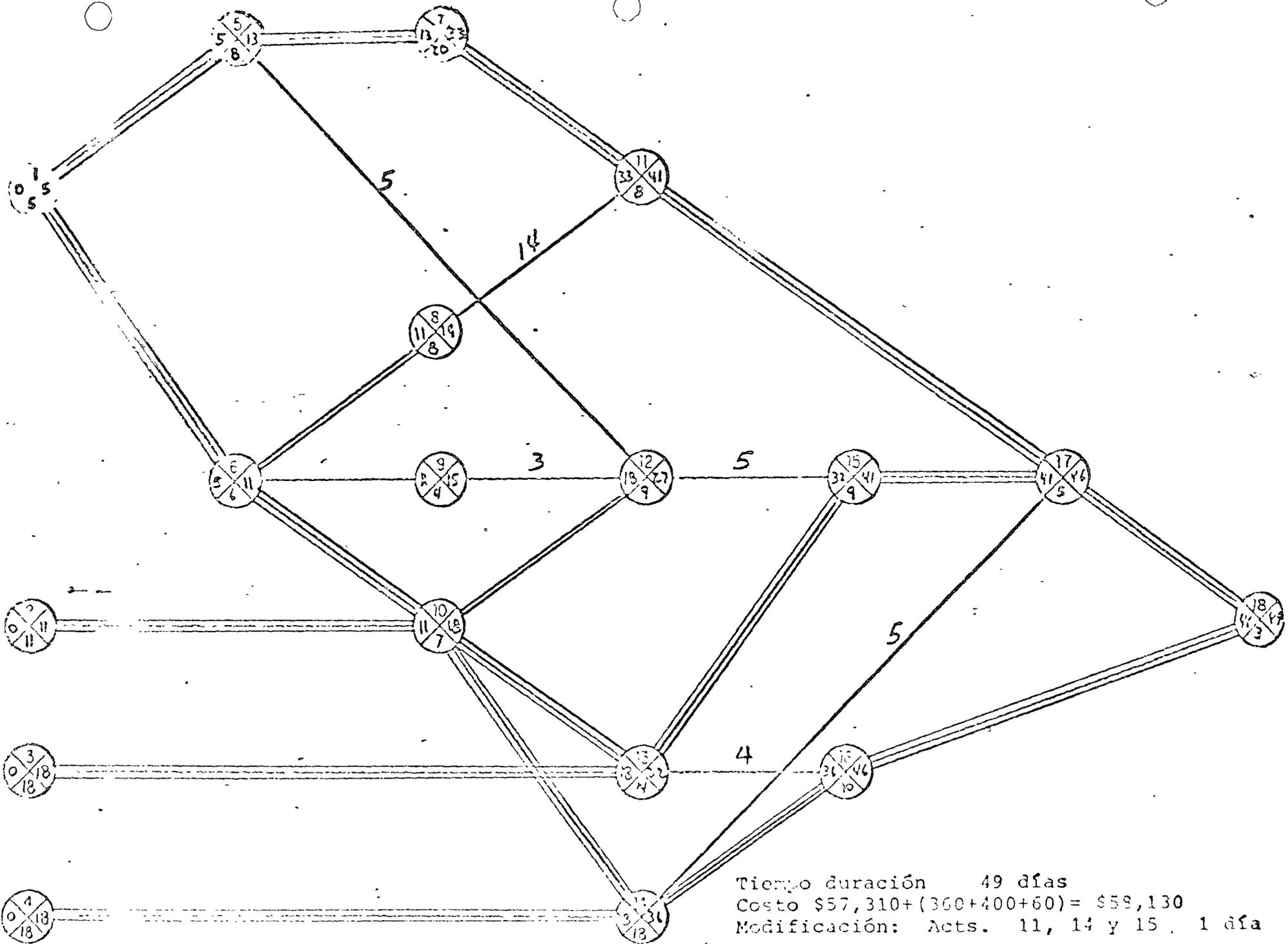
Tiempo duración 54 días  
 Costo \$53,650 + 2(160 + 50 + 250) = \$54,57  
 Modificación Acts 2, 3 y 7: 2 días



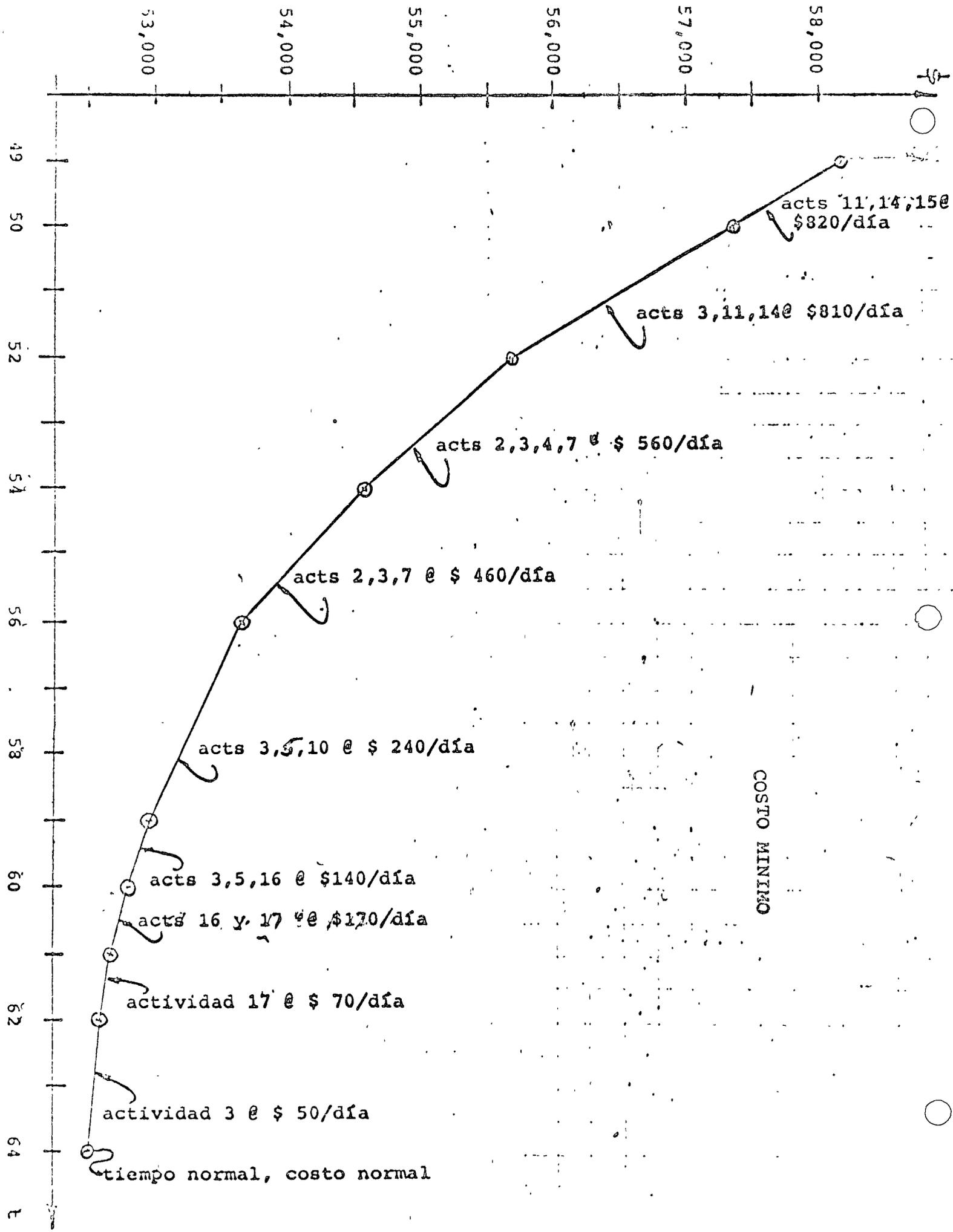
Tiempo duración 52 días  
 Costo  $54,570 + 2(160 + 50 + 100 + 250) = \$55,69$   
 Modificación: Acts 2, 3, 4 y 7: 2 días



Tiempo duración 50 días  
 Costo \$55,690+2(50+360+400)= \$57,310  
 Modificación: Acts 3, 11 y 14 : 11 días



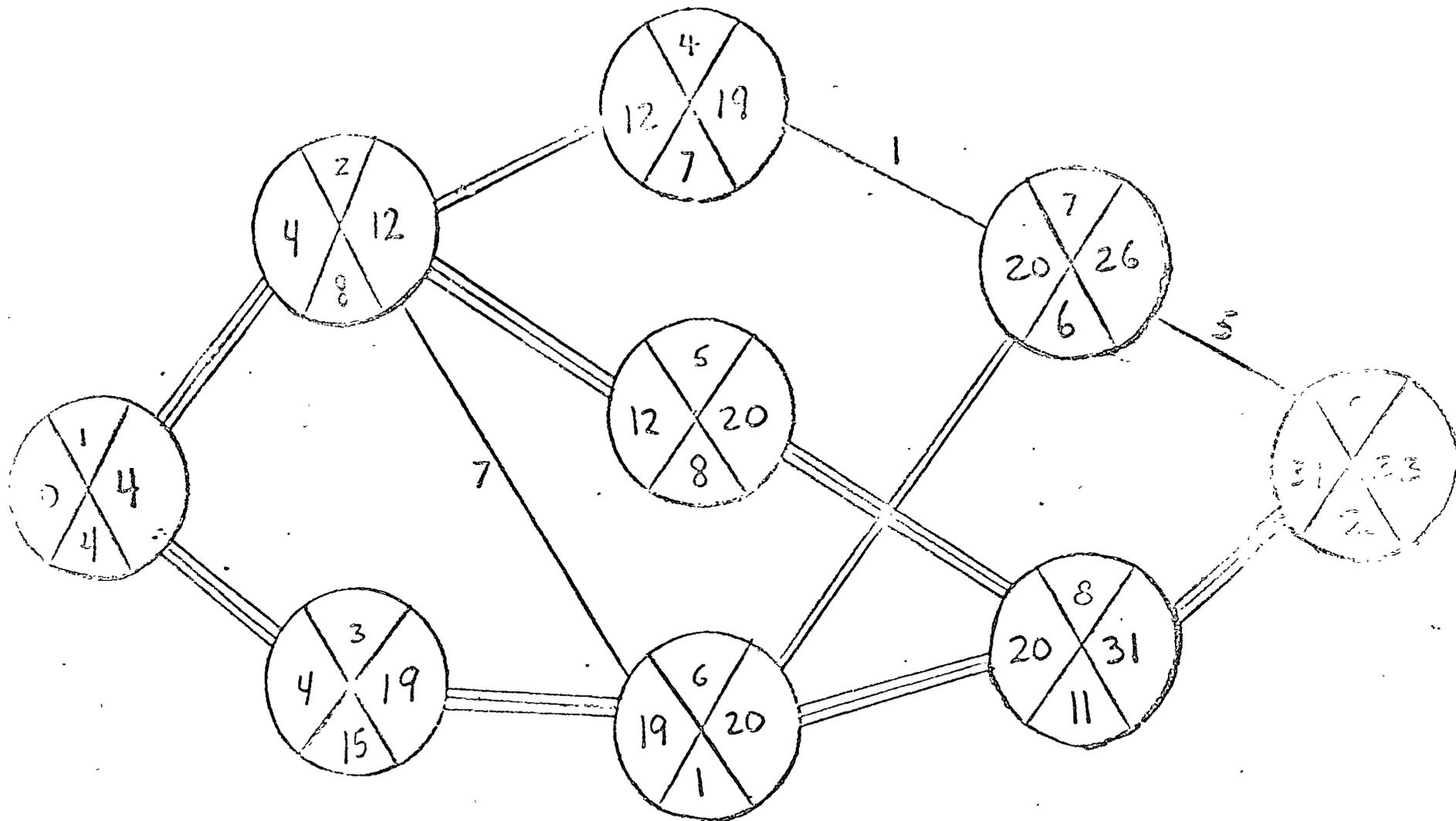
Tiempo duración 49 días  
 Costo \$57,310+(300+400+60)= \$58,130  
 Modificación: Acts. 11, 14 y 15 . 1 día



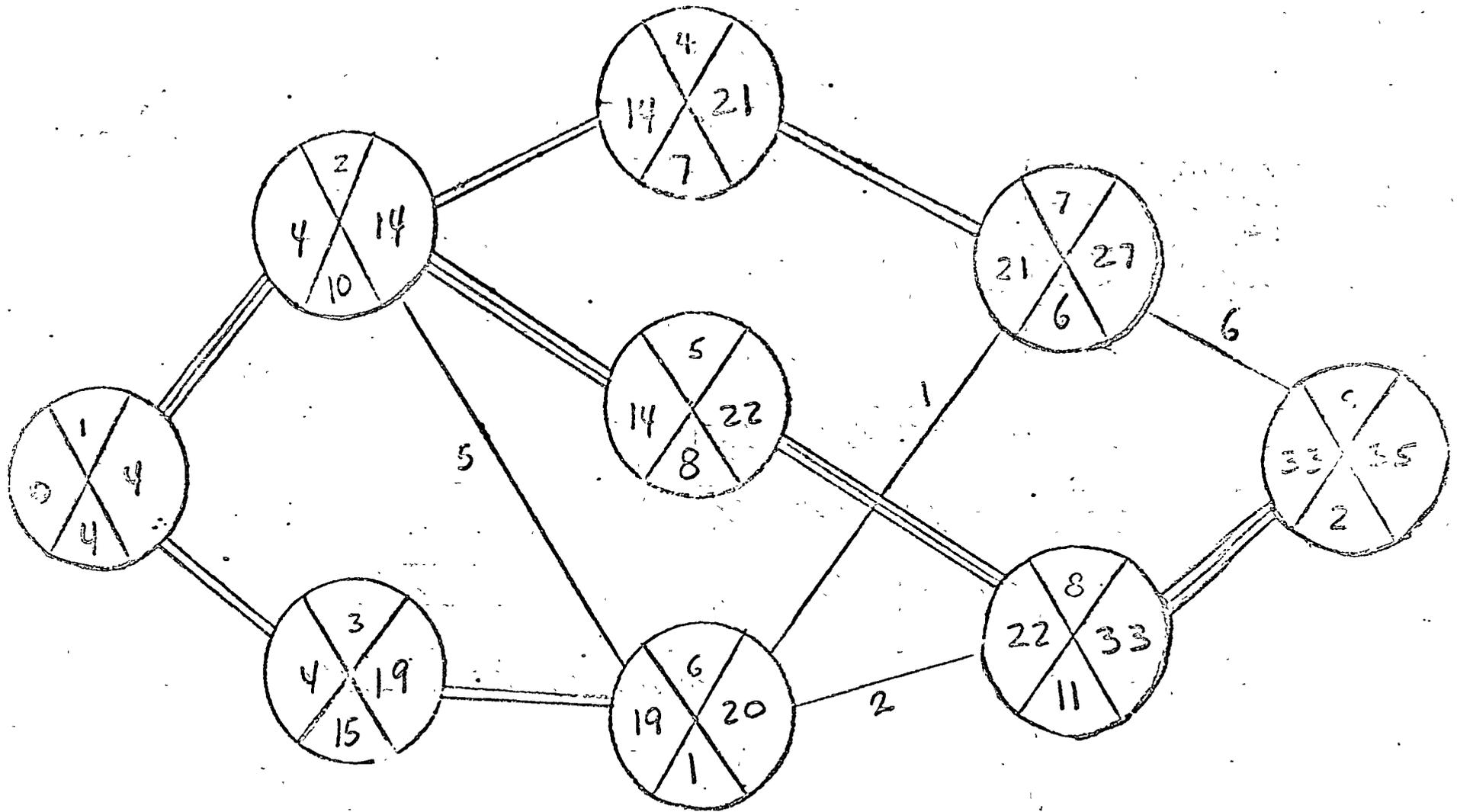
ACTIVIDAD	NORMAL		MINIMO		
	TIEMPO	COSTO	TIEMPO	COSTO	
1	4	250	3	165	15
2	10	160	7	190	10
3	15	140	13	160	10
4	7	145	6	150	5
5	8	130	5	175	15
6	1	200	1	200	-
7	6	140	4	130	20
8	12	110	11	115	5
9	2	120	2	120	-
		1,295		1,455	

~~15~~

~~15~~



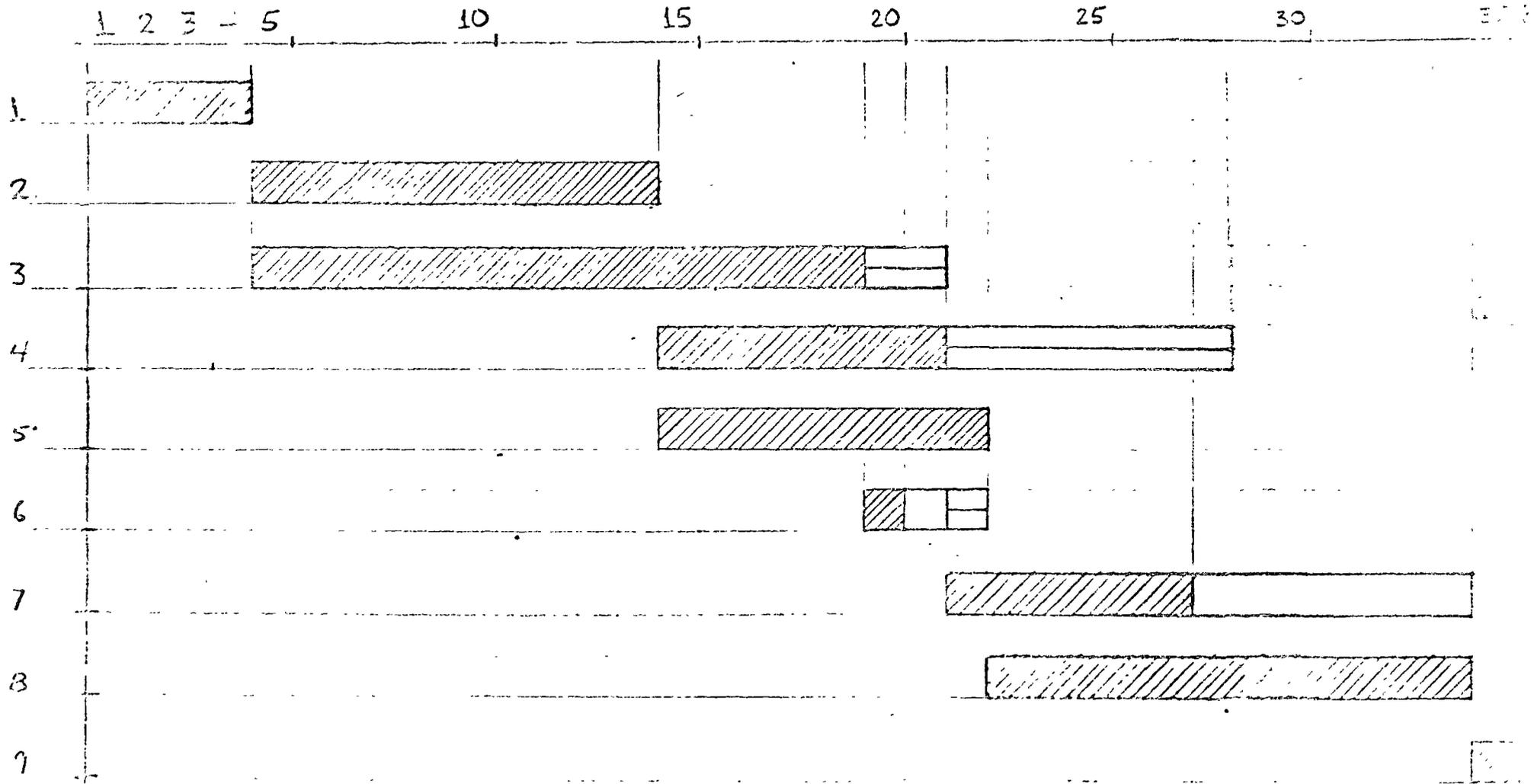
Tiempo duración: 11 días  
 Costo  $1,300 + 210 = 1,510$   
 Modificación: Act. 2: 2 días

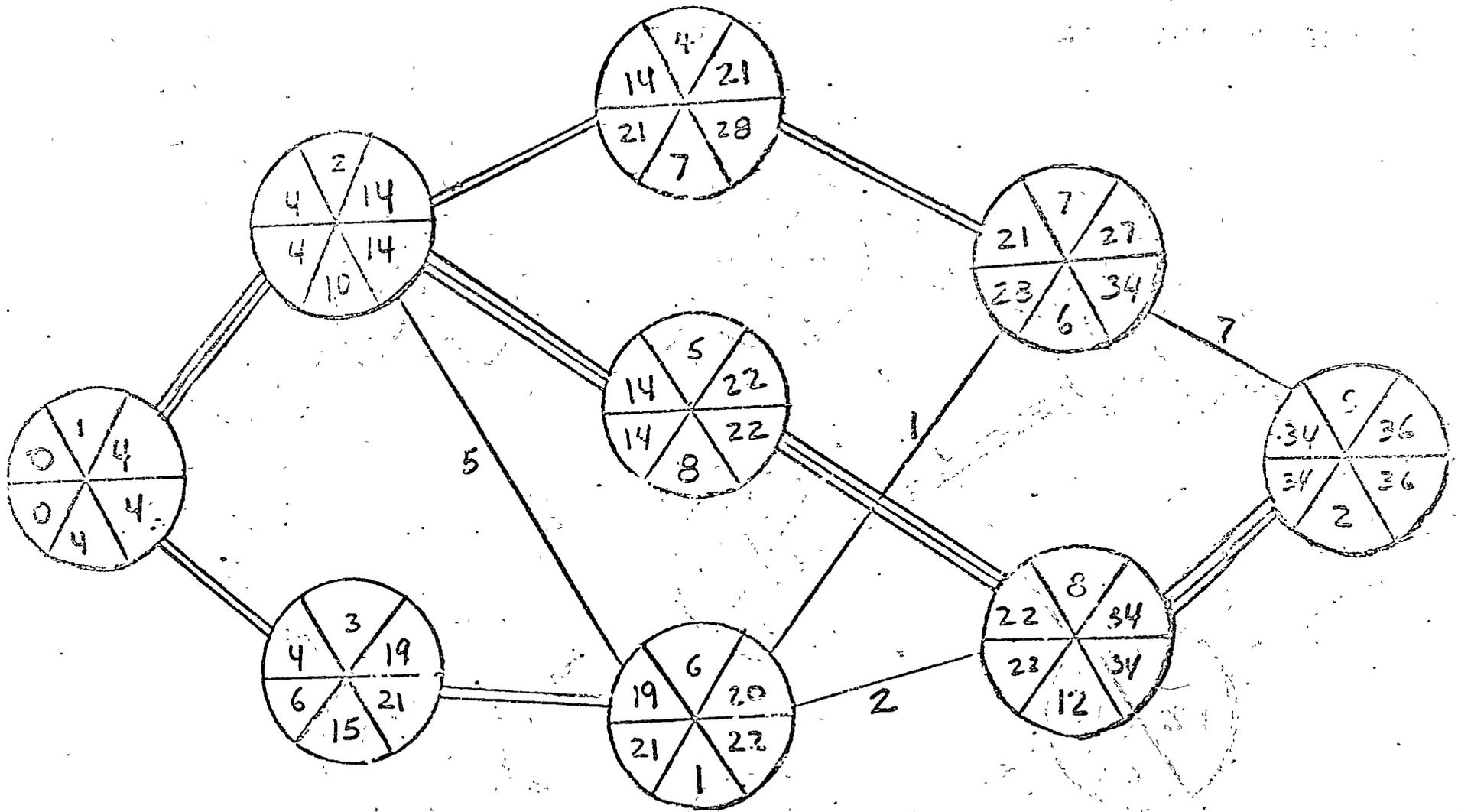


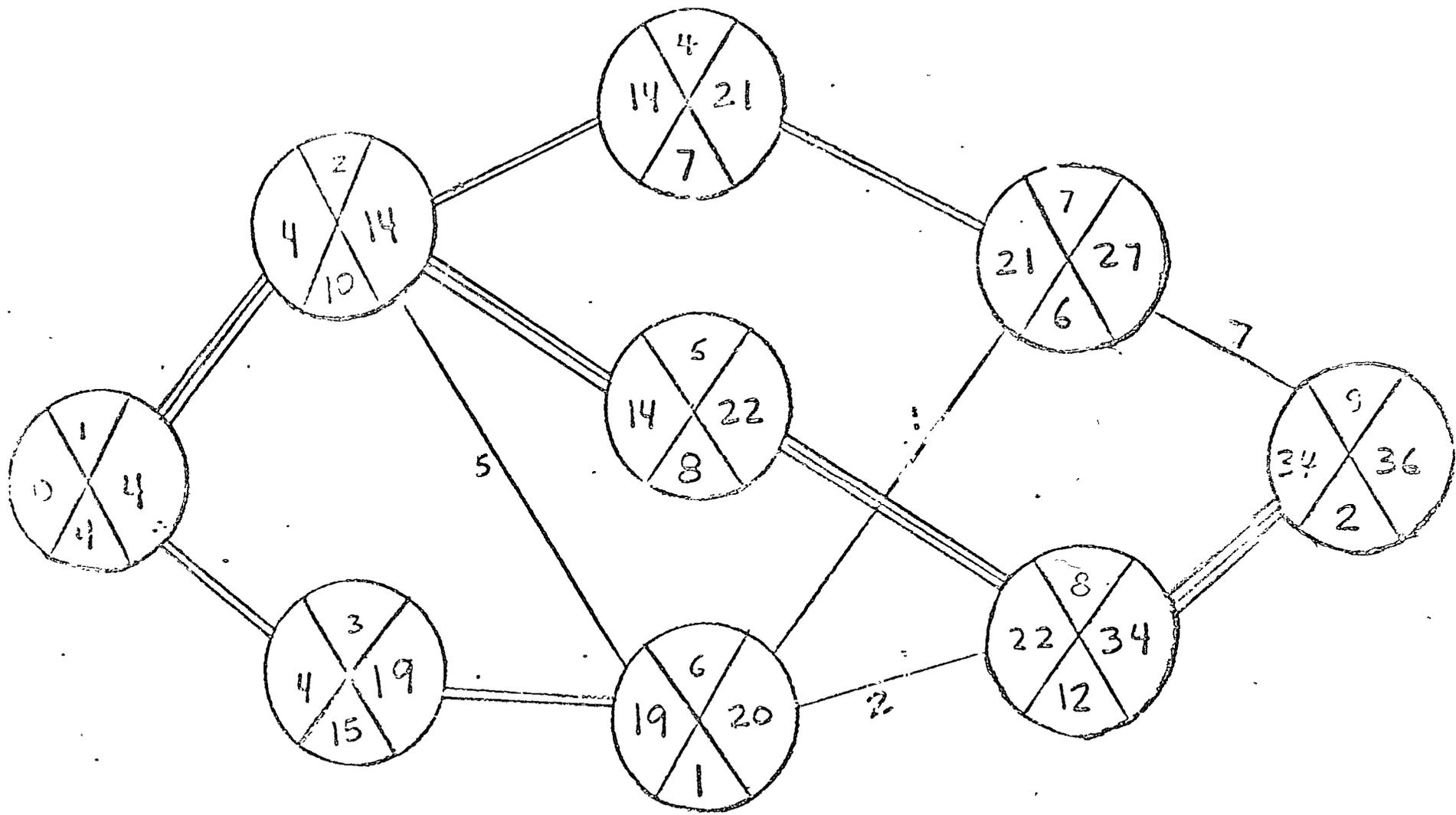
Tiempo duraci3n 35 d1as  
 Costo: 1,293 + 5 = 1,300  
 Modificaci3n: Act 8: 1 d1a

# Programa de barras

Holguen libre  
Holguen con anticipacion

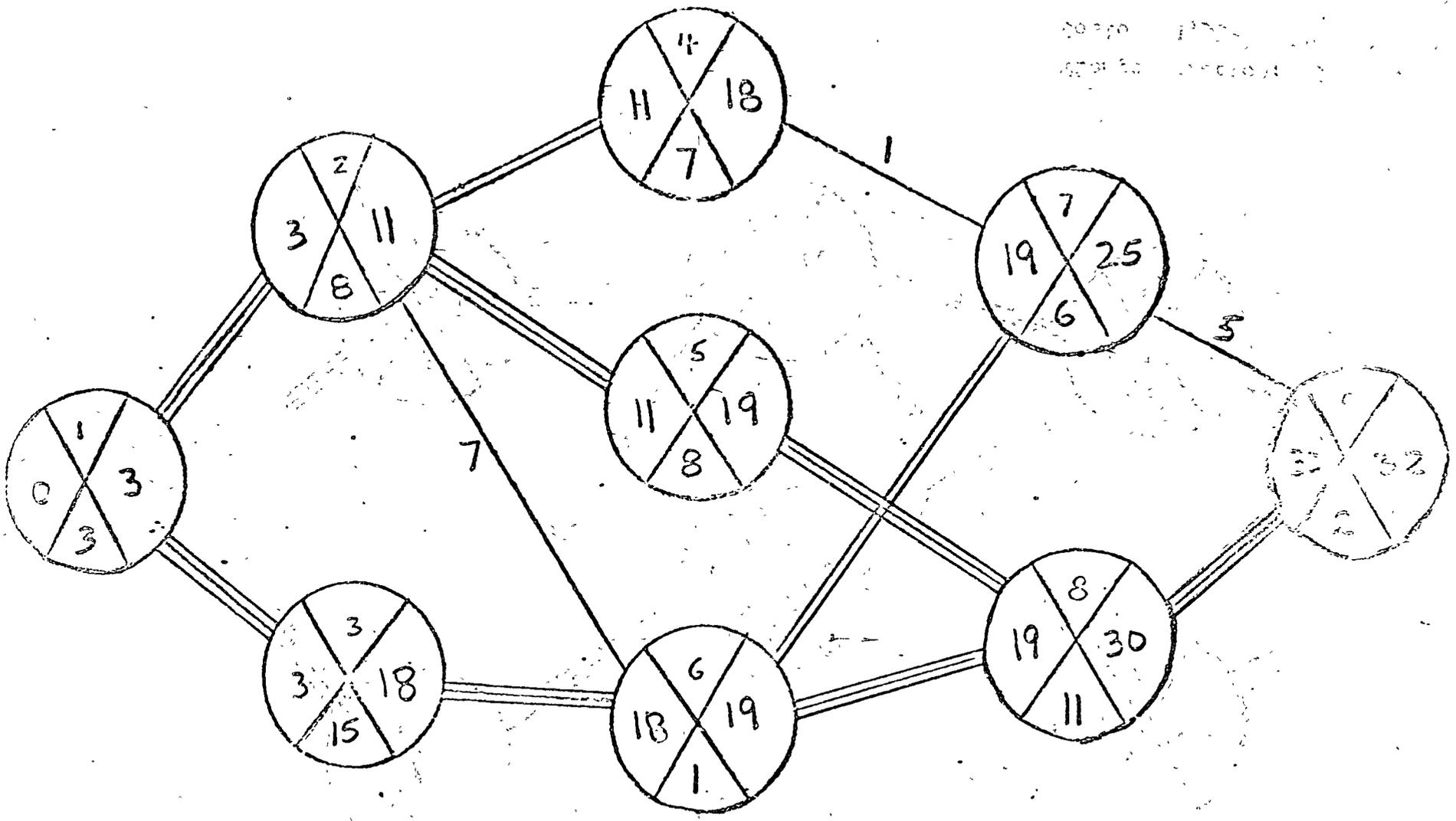






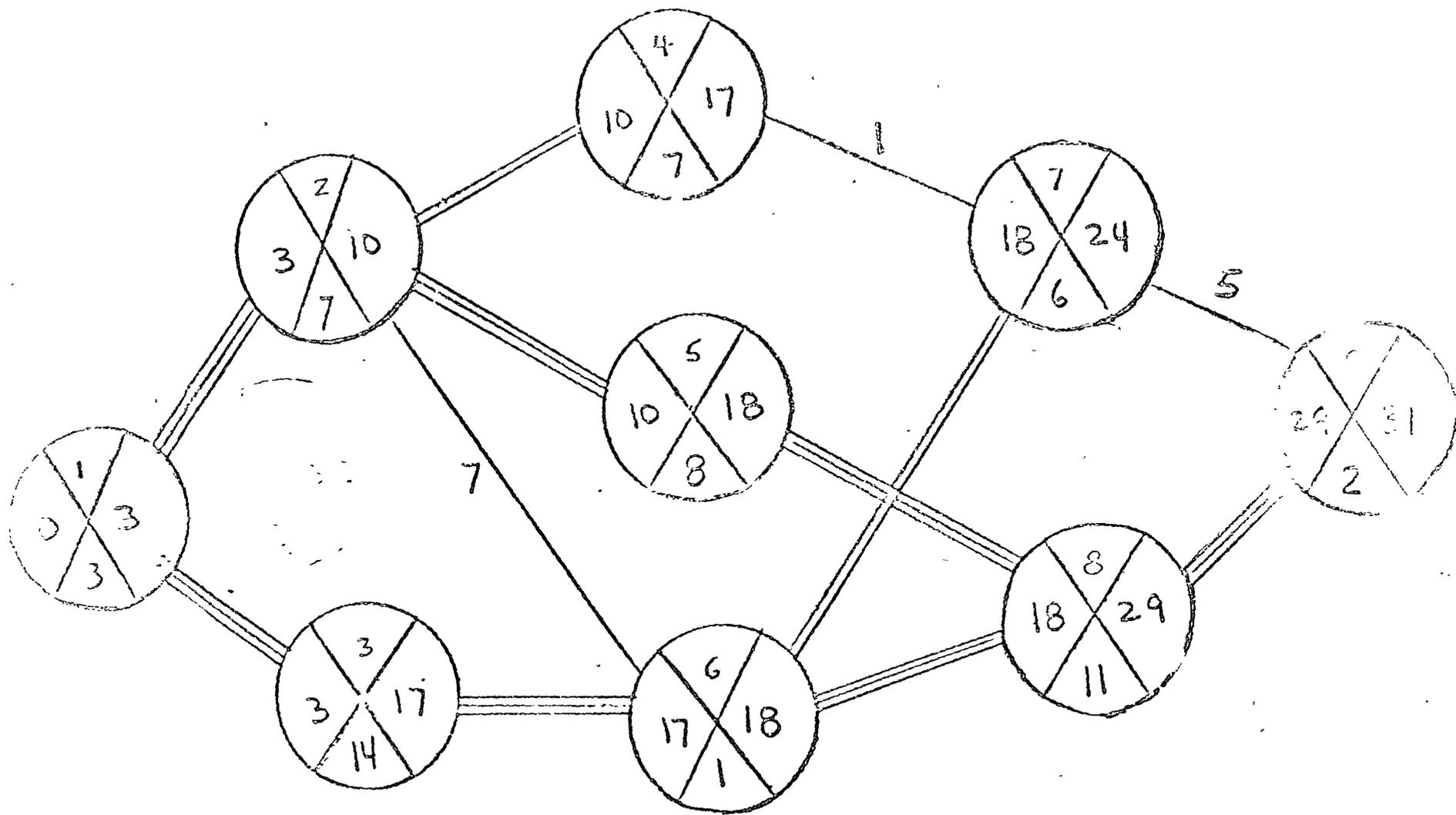
Tiempo duración 36 días

Costo 1,295

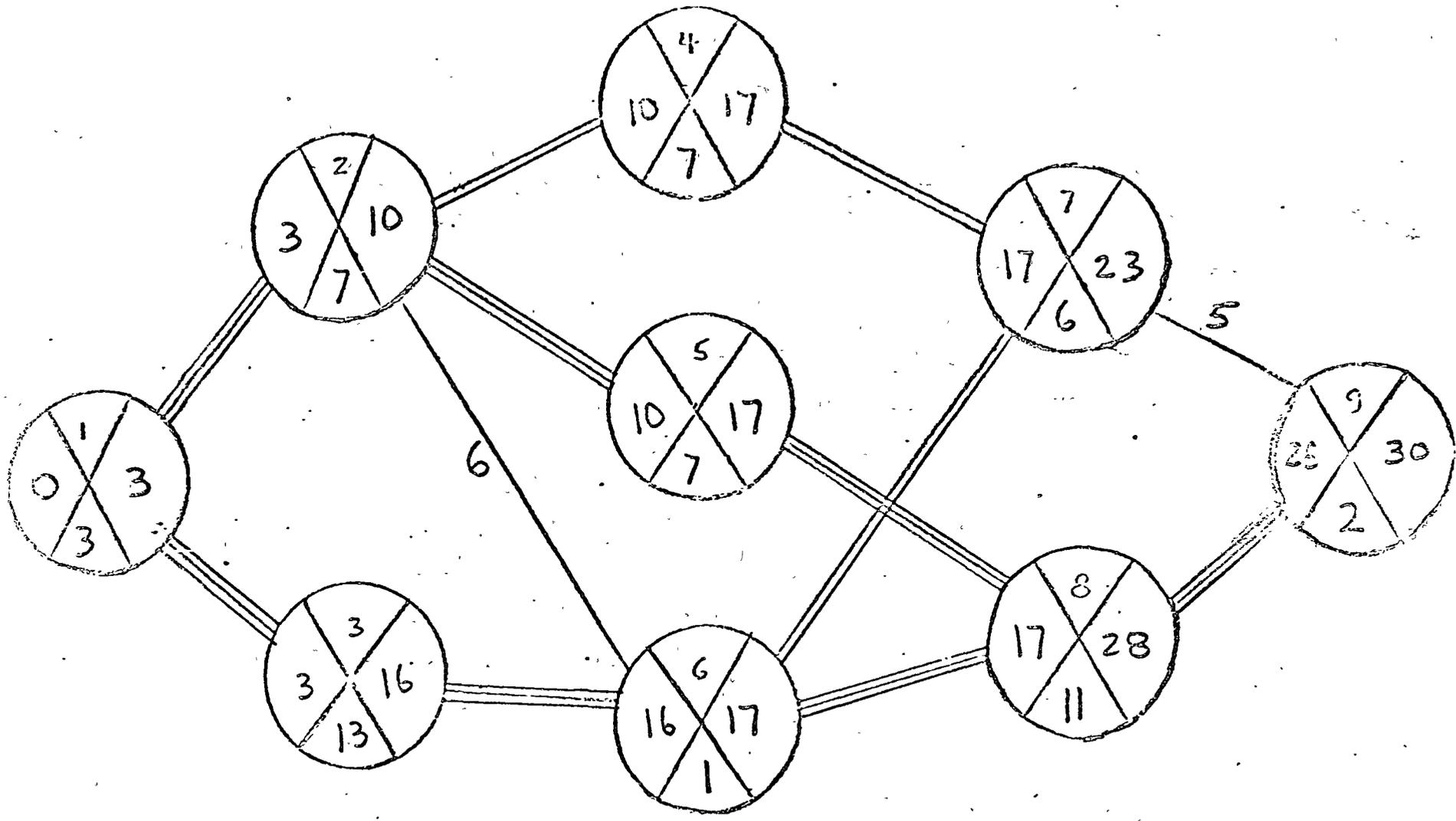


...  
 ...  
 ...

Tiempo duración: 32 días  
 Costo  $1,320 + 15 = 1,335$   
 Modificaciones Act 1: 1 día



Tiempo duración: 31 días  
 Costo  $1,335 + (10+10) = 1,355$   
 Modificación: Act. 2 y 3: 1 día



Tiempo duración 30 días

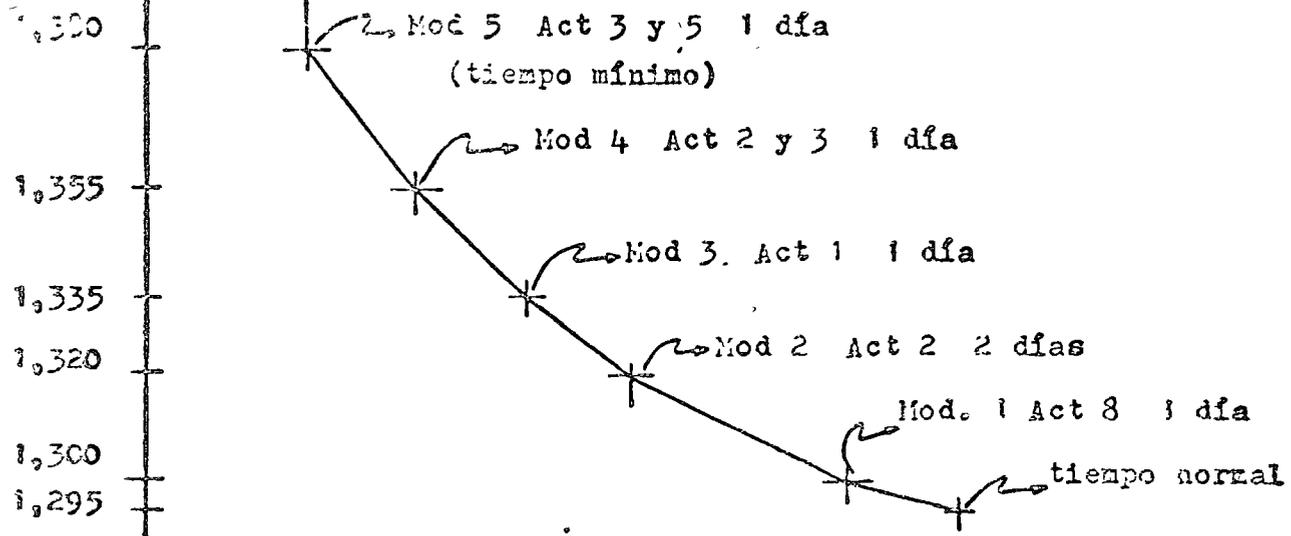
Costo  $1,355 + (10 \times 15) = 1,500$

Modificación: Act. 3 y 5 1 día

o mínimo  
o máximo ( 1,455 )

Costo  
Moneda

COSTO MINIMO



30 31 32 33 35 36 tiempo



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS



TEMA: ANALISIS DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS



## CURSO DE PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRA

### TEMA No. 3 .- ANALISIS DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

#### 3.1 .- INTRODUCCION

A principios de este siglo Frank B. Gilberth, contratista en albañilería pensaba que mediante un estudio basado en observaciones de los movimientos efectuados en la realización de un trabajo dando instrucciones al personal sobre la mejor forma de realizar sus tareas, podía incrementar la producción, una vez eliminados los movimientos innecesarios, ya que se reduciría la fatiga de trabajo y aumentaría su habilidad.

Desgraciadamente estas ideas no fueron aplicadas al campo de la construcción.-- Sólo hasta la década pasada, renació el interés por llevar a cabo estudios de tiempos y movimientos.

En la actualidad, aunque las técnicas son muy ventajosas, aún no acaban de ser aceptadas, ya sea por el desconocimiento de ellas o por determinado tipo de obra. -- Por tanto, es necesario, dado los adelantos técnicos y económicos, enfocarnos más al conocimiento y desarrollo de los métodos que nos permitan abatir los costos, mediante el empleo de las técnicas de programación y control de obra.

El motivo del desarrollo de este trabajo está basado en la observación de las técnicas de tiempos y movimientos, que consisten en analizar las operaciones rutinarias para realizar una determinada tarea, con el objeto de encontrar una manera más fácil, económica y segura de llevarlas a cabo, buscando siempre incrementar ganancias o disminuir pérdidas; teniendo en cuenta que siempre hay un a forma mejor de hacer -- las cosas, o sea, una óptima solución que no estamos aplicando.

Las ventajas que resultan de la aplicación de estas técnicas son:

- 1.- No se pasan por alto puntos importantes
- 2.- Al analizar cada actividad, es posible descubrir una mejor manera de realizarla.

Si consideramos que la mayoría de las actividades de una obra consisten en el manejo y movimiento de materiales, podría decirse que es indispensable la necesidad de asimilar la metodología, aquí estudiada, en bien de la formación profesional del Ingeniero en beneficio de la Industria de la Construcción.

Dado lo anterior, es de pensarse que este curso dará las armas necesarias para que el Ingeniero, al visitar sus obras obtenga siempre en sí, una mente que detecte los puntos claves que norman a la obra, para después analizarlos, procesarlos y modificarlos, teniendo presente a cada instante, que posiblemente exista otra técnica mejor de realización, que reditúe en beneficio de ella.

### 3.2 .- DESCRIPCION DE LAS TECNICAS USADAS

En construcción se pueden aplicar un sinnúmero de técnicas para llevar el control de una obra. Las más comunes son:

- A) Observación visual
- B) Estudios de cronómetro
- C) Películas con fotografías tomadas a intervalos iguales (TIME-LAPSE)
- D) Tomas con televisión (Video-Tape)

A) Observación visual.- Podría decirse que es la forma más elemental de efectuar un registro de actividades en obra, y es por lo tanto el método más fácil de emplear. Esta técnica no requiere de ningún tipo de registro, solamente de una mente analítica, capaz de detectar puntos clave normativos de la obra. Ya que, consiste en la observación de la forma en que se está ejecutando el trabajo, dando peso a los movimientos esenciales que rigen a la actividad observada. Estas observaciones serán rutinarias y en consecuencia, podrá llevarse una gráfica de lo observado.

B) Estudios con cronómetro .- Básicamente es la misma observación visual, pero -- ahora está auxiliada de la información de el tiempo de ejecución de los diferen-- tes elementos que integran el ciclo de un trabajo.

La forma de llevar el registro de una tarea, con cronómetro, es dividirla, de sus actividades más elementales y a cada una tomarles el tiempo varias ve--- ces. Después, efectuar un promedio pesado de cada una de las actividades, gra-- ficar y comparar con registros anteriores.

C) Película tomada a intervalos iguales (TIME-LAPSE) .- Un método más sofisticado para el registro de actividades, es utilizar una cámara de cine, con la que se-- puede filmar la forma en que se ejecuta un determinado trabajo.

Las secuencias interesantes de trabajo, se pueden observar posteriormente-- en gabinete las veces necesarias, para llegar a alguna conclusión. Con una cá-- mara convencional, este metodo sería incosteable dado el alto costo por pelícu-- la comparado con la duración de la misma. Para compensar este alto costo se -- utiliza una cámara de cine modificada, que permite tomar fotografías a interva-- los iguales, reduciendo con esto considerablemente el costo correspondiente. - La reducción estará en función de el intervalo seleccionado.

TIEMPO DE FILMACION .- Con película de 50 ft (72 cdros/ft x 50 ft = 3500 cdros)

INTERVALO (seg/cdro)	DURACION		
	seg.	min.	hrs.
0.5	1750	29.17	0.49
1	3500	58.33	0.97
2	7000	116.67	1.94
4	14000	233.33	3.89
8	28000	466.67	7.78
15	52500	875.00	14.58

TIEMPO DE PROYECCION

INTERVALO (seg/cdro)	DURACION		
	Seg.	Min.	Hrs.
0.5	7000.00	116.67	1.94
1	3500.00	58.33	0.97
2	1750.00	29.17	0.49
3	1166.67	19.44	0.32
6	583.33	9.72	0.16
18	194.44	3.24	0.05
54	64.81	1.08	0.02

Relacionando la cámara con el proyector, sólo pedemos analizar

INTERVALO Cdro/seg o seg/cdro	DURACION (HRS.)		COSTO HORARIO		COSTO POR OPERACION	COSTO P/PEL.
	Filmación	Proyeccion	Cámara	Proyec.		
0.5	0.49	1.94	\$ 45.36	\$ 51.83	\$ 122.78	\$ 222.78
1	0.97	0.97	45.36	51.83	94.27	194.27
2	1.94	0.49	45.36	51.83	113.40	113.40

Se consideró un precio de \$ 100.00 por película incluyendo el revelado

Por lo tanto el costo por hora será:

INTERVALO cdro/seg o seg/cdro	COSTO POR PELICULA	DURACION DE DE FILMACION	COSTO POR HR. FILMADA
0.5	\$ 222.78	1.22	\$ 182.61
1	194.27	0.97	200.28
2	113.40	1.22	92.95

El equipo para este tipo de registros consiste en:

- a) Cámara de cine modificada, que contiene un selector manual de velocidades de filmación, lente zoom, control de exposición automática, control de exposición manual sobre el automático y un indicador de la condición de la batería. Debe estar construida para soportar cambios de temperatura y medios polvosos sin que se afecte su funcionamiento. También deberá estar protegida para el maltrato que se le pueda dar, dadas las inclemencias de la obra.
- b) El tripié para sostener la cámara, debe ser tal que asegure la estabilidad de la cámara en una posición fija o que permita, si así lo desea, girar la cámara en sentido vertical y horizontal.
- c) El proyector de cine, para poder observar las películas que se han tomado cuadro por cuadro a un intervalo constante de tiempo, debe tener gran capacidad para proyectar la película a diferentes velocidades, desde la detención de la película para observar una sola foto hasta velocidades muy grandes (54 cuadros/seg.), hacia adelante y en reversa. Además, lo más importante, debe contener un contador automático de cuadros.

El tiempo que tarda una actividad puede calcularse en forma sencilla, ya -- que basta dividir el número de cuadros de la actividad entre la velocidad a la -- que se filmó.

Se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- 1) La cámara deberá colocarse a un nivel más alto al que se desarrolla el trabajo -- para obtener así una mejor perspectiva.
- 2) La distancia de la cámara al campo de acción en el cual se desarrolla el trabajo, dependerá del tipo de lente que se disponga y de lo que se va a filmar.
- 3) La selección del intervalo entre fotografías, dependerá del detalle que requiera el estudio. Por ejemplo, para el registro de actividades manuales (habilitado -- de fierro), un intervalo corto; para maniobras de construcción lentas (movimiento de piezas pesadas con grúa), el intervalo será grande.

- 4) Es importante que se registre en la película el nombre de la obra, su localización, fecha de filmación, intervalo de tiempo, además de datos importantes del equipo que se está filmando. Esto se puede lograr con la introducción de rótulos al inicio de la filmación.
  - 5) La hora del día es importante cuando se analiza la película, por lo que se deberá colocar un reloj en tal forma que ocupe una esquina. Cuando no es posible tener un reloj fijo, se puede enfocar ocasionalmente un reloj de pulso o introducir la hora por medio de un rótulo.
  - 6) Al principio de la filmación es conveniente tomar una escena del conjunto en donde se desarrolla el trabajo para registrar e ir enfocando poco a poco el área del trabajo por registrar, hasta obtener un balance óptimo entre cantidad y detalle requeridos para el estudio.
- D) Tomas con Televisión (VIDEO-TAPE) .- Actualmente ya se dispone de un sistema de televisión para el registro de actividades de construcción. El sistema trabaja en forma similar al fotográfico, con la diferencia de que en su caso se usa cinta magnética y en el otro película de cine.

El equipo de registro está compuesto por una cámara de televisión, una cinta (VIDEO-TAPE) y un monitor.

Para efectuar registros de actividades de construcción, con el sistema de televisión, es conveniente seguir las recomendaciones anotadas anteriormente en la cámara de cine modificada.

Ventajas y desventajas de los métodos:

- A) Observación visual .-
  - a) Ventajas .- No requiere de ninguna inversión
  - b) Desventajas .- Se recoge muy poca información
- B) Estudios con cronómetro.

a) Ventajas .- Los más baratos y rápidos de realizar en el campo. Es útil cuando es uno o muy pocos los elementos observados.

b) Limitaciones.-

1) 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 observa--- das).

2) El observador decide, al momento de tomar lecturas, cuándo empieza y cuando termina una actividad, o en que 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.

3) 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 diez elementos, se requerirá de la observación de 10 elementos x 5 observaciones  
elemento  
= 50 ciclos.

Es probable que las condiciones hayan variado considerablemente entre la 1a. y la 50ava. observación.

4) El estudio se limita a lo estrictamente observado, por lo que resulta incompleto, especialmente en lo relacionado con la interdependencia de las actividades.

5) Debido al volumen de observación, que el observador debe ir anotando en muy poco tiempo, es usual que descuide su objetivo y la precisión de los datos tomados.

6) Al darse cuenta los obreros de la realización de este estudio, adoptan una posición distinta a la normal.

C) Estudio con TIME-LAPSE.

a) Ventajas -

- 1) Relativamente barato: un rollo de 100 ft dura 3 hrs 30 min. con -- fotos cada 3 seg. ( 40 fotos/ft ).
- 2) Capaz de tomar nota de varias actividades de un gran número de componentes a la vez.
- 3) Capaz de tomar nota de las interrelaciones de los componentes.
- 4) Es una colección de observaciones permanentes y de fácil compren-- sión.
- 5) Los supervisores y maestros de obra pueden estudiar y mejorar su - trabajo con la sola visualización de la película.
- 6) Las fotografías pueden servir para fines de enseñanza, descripcio-- nes de algún problema o estudios de seguridad.
- 7) Descubre vicios o trabajos innecesarios que se hacen por rutina y - pasan desapercibidos normalmente, o a los que no se les da la im-- portancia que tienen.
- 8) 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 equi vacadas. Con este procedimiento aceptan los cambios y en ocacio-- nes sugieren mejoras importantes.
- 9) Archivo de experiencias obtenidas en distintas obras.

b) Desventajas .-

- 1) El alto costo (muy relativo) de los aparatos para lograr estas ob-- servaciones.
- 2) La posición que toman los obreros al darse cuenta que están siendo filmados.
- 3) Se requieren aparatos de mejor clase para determinado tipo de obras

(por ejemplo túneles).

- 4) En obras ocultas, generalmente el acceso es reducido y es difícil--  
manejar este tipo de aparatos.

D) Estudios con VIDEO-TAPE .

a) Ventajas.-

- 1) La información puede analizarse de inmediato.
- 2) Las mismas ventajas del TIME-LAPSE.

3.3 ETAPAS DE LA APLICACION Y FORMAS DE LLEVARLAS A CABO.

1° Registro de cómo se lleva a cabo el ciclo que se está estudiando, enmarcan--  
do dentro de las condiciones generales de la obra. Este registro se puede realizar,  
como ya dijimos, mediante:

- a) Observación visual
- b) Estudio con cronómetro y asociados
- c) Películas de TIME-LAPSE
- d) Tomas con televisión (VIDEO-TAPE)

2° Analizar cada detalle del ciclo estudiado usando:

- a) Deliberación analítica
- b) Diagrama de flujo de proceso
- c) Estudio de balance de cuadrillas

3° "Descubrimiento" de nuevos métodos de ejecución, con ayuda de las siguien--  
tes herramientas.

- 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 de 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, sobrestantes, maestros de obra etc.

4° Desarrollo del mejor método:

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

5° Implantación del nuevo método.

- 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.

#### ANALISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS EN EL CAMPO.

Una vez que se ha hecho el registro en el campo de las actividades en estudio, se procede al análisis de los datos tomados. Dicho análisis consiste en:

- a) Calcular los tiempos que tarda cada miembro de la cuadrilla en efectuar --- las actividades necesarias para desarrollar un ciclo de trabajo.
- b) Encontrar las relaciones que guardan entre sí los elementos de la cuadrilla.
- c) Evaluar la forma en que se ejecuta el trabajo.
- d) Evaluar las condiciones que imperan en la obra, en especial con el sitio don de se realiza el trabajo.

Existen unos sistemas gráficos de análisis que además de servir como medio de - comunicación, son muy útiles para analizar los métodos de trabajo en estudio y auxi- liar al desarrollo de nuevos métodos de trabajo.

Entre los sistemas de análisis gráficos más apropiados para la construcción se- pueden citar los siguientes:

- 1) Diagrama de balance de cuadrillas
- 2) Diagrama de flujo
- 3) Carta de procesamiento

En la aplicación de estos dos últimos sistemas, es conveniente el uso de la -- simbología adoptada por la ASME (The American Society of Mechanical Engineers) que- aparece a continuación y que corresponden a las etapas de manejo y transformación de los materiales usados en los trabajos estudiados.

○ OPERACION: Es aquello que implica un cambio del estado físico del material de bido a la presencia de alguna persona o máquina. Por ejemplo: mezcla, concre- to, fabricar una cimbra, armar varilla, etc.

⇒ TRANSPORTACION: Es el cambio de localización o traslado de material de un lugar a otro. Por ejemplo: acarrear arena con camión, subir concreto con una bomba, acarrear tabiques con un peón, etc.

▽ ALMACENAMIENTO: Es cuando algún material es colocado en un sitio determinado, ya sea en forma provisional o definitiva. Por ejemplo: la permanencia de bul-

tos de cemento en la bodega, varillas en el campo de habilitado, etc.

**D** RETRASO: Es cuando el material que no está almacenado sufre alguna espera --- por falta de disponibilidad inmediata de alguna máquina o de mano de obra. -- Por ejemplo: rocas en un camión esperando su turno de descarga a una tolva, - concreto en una "olla" esperando que se acondicione una artesa, etc.

**□** INSPECCION: Ocurre cuando el material en procesamiento requiere ser revisado Por ejemplo: la revisión del armado del acero de refuerzo de un elemento es-- tructural, comprobar si una cimbra está plomeada, etc.

### DIAGRAMA DE BALANCE DE CUADRILLAS

Se trata de un diagrama de barras paralelas a un eje que contenga una escala - de tiempo. Se debe dibujar una barra por cada elemento que interviene en la ejecu-- ción del trabajo en estudio, pudiendo ser este elemento hombres, máquinas, etc.

En la barra correspondiente de cada elemento se deben representar coloreando o asciurando todas las actividades que efectúa dicho elemento durante su participa--- ción en un ciclo de trabajo, de tal manera que si se traza a cualquier nivel una -- línea perpendicular al eje de tiempo podemos observar las interrelaciones existen-- tes entre los miembros de la cuadrilla en ese instante. ( Fig. 1 )

Este diagrama, por lo tanto, nos permite comparar los tiempos efectivos de tra-- bajo, contra los tiempos inefectivos u osciosos de cada componente de la cuadrilla, así como la actividad específica de cada elemento en un momento dado.

### DIAGRAMA DE FLUJO

El diagrama de flujo consiste en un dibujo del área donde se desarrollan los - trabajos de las cuadrillas en estudio y en él se indican los principales detalles - del sitio de trabajo y todos los movimientos que efectúan los componentes de la cua-- drilla en operaciones de fabricación de alguna mezcla, de carga y descarga de mate-- rial o de cualquier otro tipo de procesamiento que sufre el material, debiendo tam-

bién dibujarse los acarreos, almacenamiento, inspecciones y retrasos que haya sufrido el material en estudio. ( Fig. 2 )

### CARTA DE PROCESAMIENTO

La carta de procesamiento consiste en una tabla con la descripción cronológica de las actividades estudiadas. El propósito de la carta de procesamiento es auxiliar a detectar en donde el tiempo, dinero y esfuerzo son desperdiciados, o a identificar procedimientos más sencillos y económicos que los usados. ( Fig. 3 )

### 3.4 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 en suma, no menospreciar el principio de "buentrato humano"

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 al máximo el "Hagalo usted mismo". Los principales beneficios derivados de reuniones de este tipo son:

- 1.- La creatividad e inventiva, generados a través de la emulación mutua, la aportación de la experiencia de los participantes y la crítica constructiva.

- 2.- La "Psicología de la participación" : la gente se considera como autora de

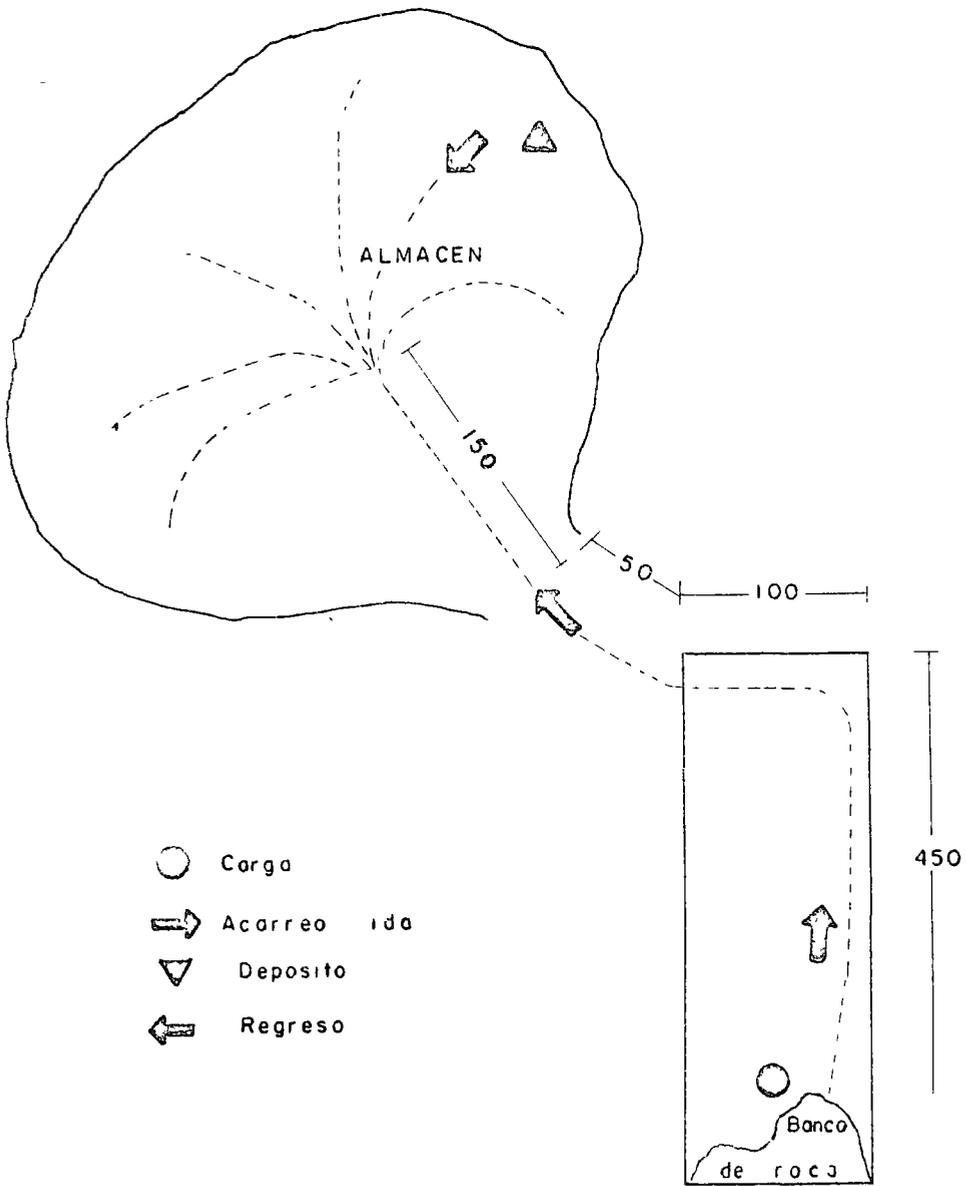
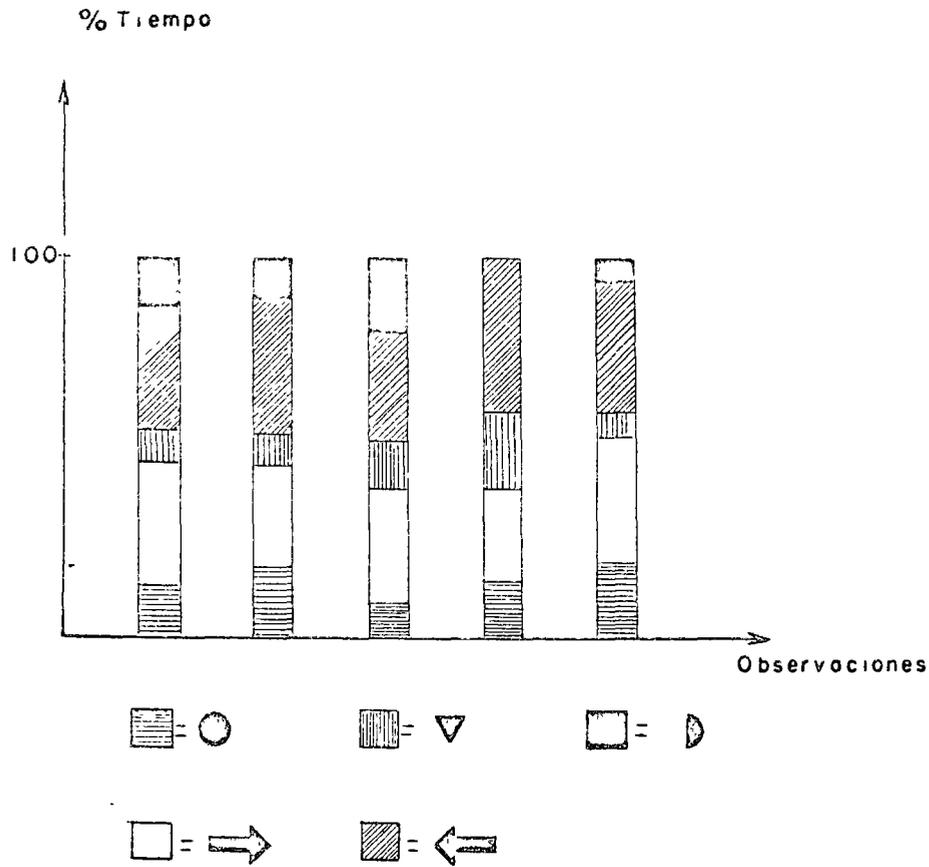


DIAGRAMA DE FLUJO



D I A G R A M A   D E   C U A D R I L L A S

D I S T . M T S	T I E M M I N .	S I M B	D E S C R I P C I O N
		◐	MAT ESPERANDO LLEGUE CAMION
		○	" CARGADO EN CAMION POR TRASCARO
		→	" TRANSPORTADO EN CAMION HACIA TRITURADORA
		◐	" EN CAMIONES ESPERANDO TOLVA VACIE
		○	" DESCARGADO SOBRE TOLVA
		○	" TRITURANDOSE Y LLENANDO CAMIONES
		◐	" TRITURADO ESPERANDO ACOMODE CAMION
		←	" TRITURADO TRANSPORTADO BANCO ALMACENAMIENTO
		○	" TRITURADO DESCARGADO BANCO ALMACENAMIENTO
		▼	" TRITURADO ALMACENANDOSE

el 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 de 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, en general, se debe a la mala o nula comunicación que se tiene con los obreros; las ordenes no son claras y específicas, ni tampoco se les indica la mejor manera de hacer las cosas.

Para poder tratar de descubrir una mejor manera de realizar las cosas se necesita además de tener una mente abierta al cambio, 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 deban cambiar las formas de realización de las cosas sólo por cambiarlas, sino por mejorarlas.

Es aconsejable que este tipo de estudios sean realizados directamente por ingenieros jóvenes, porque:

1.- Aunque generalmente tienen poca experiencia, tienen la mente abierta al cambio y deseosos de considerar y valorar las ideas y sugerencias nuevas.

2.- Como los estudios son siempre supervisados por el superintendente de la obra, es una excelente oportunidad para el ingeniero joven el tener a la mano un acervo de experiencia de problemas de obra, de costos, de procedimientos de construcción, etc.

Observadores de la implantación de estas técnicas sostienen que los ahorros derivados de estos estudios suman conservadoramente de 4 a 8 veces el costo de su aplicación.

### 3.5 OTRAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA LA OBTENCIÓN DE INDICES DE UTILIZACIÓN DE RECURSOS.

Dentro de las técnicas adicionales que podemos utilizar para llevar mejor nuestras obras están los análisis estadísticos y probabilísticos, éstos están englobados en las técnicas de la Ingeniería de sistemas.

#### LA INGENIERIA DE SISTEMAS APLICADA A LA PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS

En los últimos años se han venido desarrollando en gran forma las técnicas de la Ingeniería de Sistemas en beneficio de la industria de la construcción.

Estos métodos primordialmente están basados en análisis estadísticos y probabilísticos. Los más usados en construcción son:

- a) Programación Lineal
- b) Programación Dinámica
- c) Redes de transporte
- d) Procesos Estocásticos
- e) Simulación
- f) Líneas de espera

a) PROGRAMACION LINEAL .- Está relacionada con el problema de planear un conjunto complejo de actividades económicas interdependientes en forma tal de obtener un cierto resultado óptimo. Una característica de estos problemas es el estar sujetos a un conjunto de restricciones ocasionadas por las condiciones propias del problema y que son satisfechas por un gran número de soluciones posibles, de tal manera que la selección de la solución óptima está sujeta en cierto grado a los objetivos generales que se persiguen.

Ejemplo:

Una planta de concreto empleada en la construcción de una determinada presa -- usa una mezcla de 30 % de arena y 70 % de grava por peso. Existen depósitos natura

les en 5 lugares cercanos a la presa, cada uno con composiciones y costos de explotación y transporte diferentes. Según se muestra en la siguiente tabla:

	BANCO	1	2	3	4	5
Arena		40 %	20 %	50 %	80 %	70 %
Grava		60 %	80 %	50 %	20 %	30 %
Costo/ton.	\$ 150	\$ 180	\$ 100	\$ 125	\$ 200	

Por cada tonelada de concreto producida ¿ Cuántas toneladas de cada uno de los depósitos se deben usar, de tal manera que se minimicen los costos ?

El planteamiento de este problema consistirá en minimizar una función objetivo que en este caso es de la forma:

$$\text{mim } Z = 150 x_1 + 180 x_2 + 100 x_3 + 125 x_4 + 200 x_5$$

Sujeta a las restricciones;

$$0.4 x_1 + 0.2 x_2 + 0.5 x_3 + 0.7 x_5 = 0.3$$

$$0.6 x_1 + 0.8 x_2 + 0.5 x_3 + 0.3 x_5 = 0.7$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_5 = 1$$

La solución a este planteamiento puede resolverse con los métodos de optimización, por ejemplo el SIMPLEX.

b) PROGRAMACION DINAMICA .- Se trata de la optimización de sistemas en las que cada variable puede ser representada como función de un parámetro; frecuentemente este parámetro es el tiempo.

Los sistemas que requieren optimización dinámica, en etapas múltiples, ocurren en diferentes ramas de la ingeniería, inventarios, confiabilidad, control, etc.

En confiabilidad entenderemos por una etapa en grupo de componentes idénticos de un sistema, arregladas de tal manera que sólo una está operando cuando los restantes se encuentran en espera, en el supuesto que una falle, una de las restantes iniciará inmediatamente la operación, En cada etapa la decisión consiste en deter-

minar el número de componentes redundantes por instalar. Como es evidente los componentes redundantes aumentan la confianza en el sistema pero también incrementan el costo. El problema es garantizar un nivel dado de confianza a costo mínimo.

La programación dinámica es una técnica de descomposición para resolver problemas de decisión con múltiples etapas, descompone el problema de decisión con  $N$  variables en  $N$  problemas de decisión de una variable. Frecuentemente estos  $N$  problemas son más simples de resolver que el problema original.

c) REDES DE TRANSPORTE Y CAMINOS OPTIMOS .- Se ilustra alguna de las aplicaciones con el siguiente ejemplo:

Ejemplo:

Una empresa constructora dispone de 4 bancos de préstamo  $x_1, x_2, x_3$  y  $x_4$  y puede explotar 120,000 m<sup>3</sup> en  $x_1$  y 100,000 en cada uno de los restantes. Por otra parte el material debe transportarse a los sitios  $x_5, x_6, x_7$  y  $x_8$  en donde se requieren respectivamente 100,000 m<sup>3</sup>, 80,000 m<sup>3</sup>, 90,000 m<sup>3</sup> y 150,000 m<sup>3</sup>. Esto se muestra en la tabla 1 (cantidades en décimas de miles).

	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$
BANCOS	12	10	10	10				
SITIOS DE DESCARGA					10	8	9	15

Debido a las restricciones en la flotilla de camiones, en el equipo de explotación de los bancos y en los caminos de acceso; las capacidades de transporte de cada uno de los bancos a los sitios de descarga resulta como se muestra en la siguiente tabla.

DESTINO ORIGEN	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$
$x_1$	7	3	2	0
$x_2$	5	4	1	0
$x_3$	0	2	4	8
$x_4$	0	2	4	8

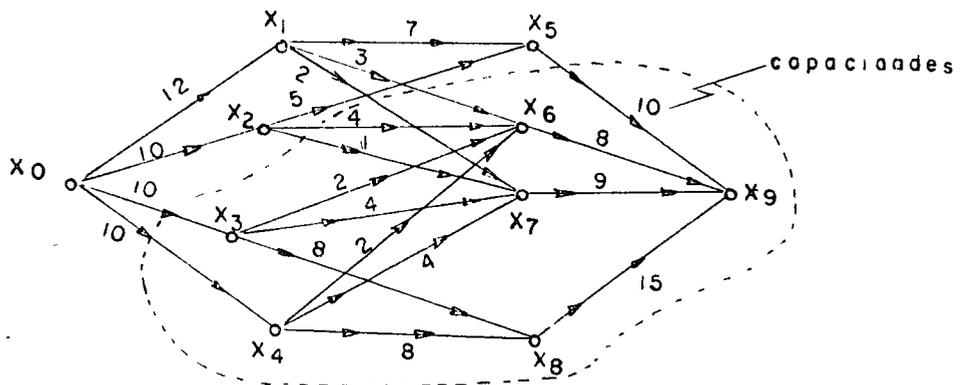
Obsérvese que las capacidades de transporte con destino a los diferentes sitios de descarga exceden a las demandas y que las capacidades de salida de cada banco de préstamo excede a su disponibilidad.

Haciendo abstracción de los costos de transporte, interesa satisfacer las demandas al máximo.

Con este fin se trazará un esquema gráfico o red de la siguiente manera:

1.- Cada uno de los bancos y de los sitios de descarga está representado por un punto que llamaremos vértice de la red.

2.- Cada banco está ligado mediante una flecha orientada o arco a los sitios de descarga y este arco lleva un número que representa su capacidad, es decir el tonelaje que puede transportarse por el camino correspondiente. No se trazará por supuesto ningún arco entre origen y destino si no hay un camión que siga esa ruta o bien si en ella existe un camión con capacidad disponible nula.



3.- Un vértice auxiliar  $x_0$  está ligado a cada banco mediante un arco que lleva como capacidad a la disponibilidad en ese banco.

4.- Cada sitio de descarga está ligado a un vértice auxiliar  $x_9$  mediante un arco que tiene como capacidad la demanda correspondiente.

Así se obtiene la red de transportes de la figura y el problema consiste entonces en encontrar la "cantidad máxima" (el flujo máximo) que se puede transportar de  $x_0$  a  $x_9$

d) PROCESOS ESTOCASTICOS. - Con el objeto de no aundar en problemas estadísticos y probabilísticos que no corresponden a este curso sólo mencionaremos un ejemplo de aplicación de este método.

En el taller de reparaciones de una obra de terracerías, hay un departamento especializado en reparaciones de motoescrepas. Se cuenta con motoescrepas Terex y Caterpillar. La reparación de un motor Terex demanda 2 días; la de un motor Caterpillar un sólo día. La probabilidad de avería de los motores Terex es  $1/3$ , la de los motores Caterpillar,  $1/2$ .

Los trabajos no efectuados en el taller son confiados al exterior.

Sabiendo que si una jornada de reparación ha sido realizada sobre una Motoescrepa Terex, se rehusaría todo trabajo hasta el día siguiente, se aceptaría no importando que se trabajara al tercer día, cuando no se presente más que una máquina.

Se dudaría, en el caso que se presenten dos máquinas diferentes.

Se tendrán dos políticas:

- a) Preferir la reparación de la motoescrepa Terex
- b) Preferir la reparación de la motoescrepa Caterpillar

¿Cuál es la mejor de las dos políticas ?

Mencionaremos tan solo la necesidad de conocer algo sobre "Cadenas de Markoff" para poder resolver este tipo de problemas con procesos estocásticos.

e) SIMULACION .- Frecuentemente nos enfrentamos a situaciones en donde es indicado utilizar técnicas de muestreo pero la extracción física de la muestra es imposible o es muy cara. En estas situaciones a menudo es posible obtener información útil mediante muestreos simulados. Los métodos de simulación típicos involucran el remplazo de la población real por un universo teórico descrito por alguna distribución de la probabilidad supuesta; esta población teórica se muestra por medio de números aleatorios. Los métodos de extracción de muestras de este tipo así como los problemas de decisión correspondientes se agrupan bajo el nombre de "Método-

dos de Monte Carlo"

Ejemplo:

Una planta de concreto debe alimentar a diferentes fuentes de trabajo en una obra utilizando para su transporte camiones revolvedores.

De registros anteriores se sabe que el número diario de m<sup>3</sup> puestos en obra es una variable aleatoria distribuida normalmente con media 100 y desviación estandar de 10 m<sup>3</sup>. Además se conoce que el número de m<sup>3</sup> que puede entregar un camión es una variable aleatoria distribuida normalmente con media 10 y desviación 1 m<sup>3</sup>.

Se estima que el costo diario de operación y mantenimiento de un camión es de \$ 550.00

Calcule el número óptimo de camiones si se desea que la entrega se distribuya el mismo día en que fueron adquiridos en la inteligencia de que la empresa puede adquirir camiones a razón de \$ 150.00 por unidad y por hora.

OBSERVACIONES .- Se puede decir que existen dos conceptos que deben establecerse con toda claridad para llevar a cabo un trabajo de simulación: el grado de abstracción matemática que se impone al modelo y el enfoque que se le da: determinista o probabilista.

En cualquier caso es conveniente tomar en cuenta las siguientes recomendaciones.

a) El primer paso para llevar a cabo una simulación es, desde luego, investigar y establecer todos los factores pertinentes a la subsecuente construcción del modelo matemático. Esto tomará la forma de una descripción del modelo en estudio y de su comportamiento.

b) Es esencial incluir en el modelo las variables que tienen mayor efecto en el comportamiento del conjunto real, pero es igualmente importante omitir aquellos detalles que no influirán en la respuesta buscada.

c) Puede obtenerse valiosa información para construir un modelo matemático ten

tativo estudiando el comportamiento pasado del sistema en estudio. El modelo así -  
construido se prueba con los datos actuales para verificar si se comporta o no razo-  
nablemente, modificándolo en su caso.

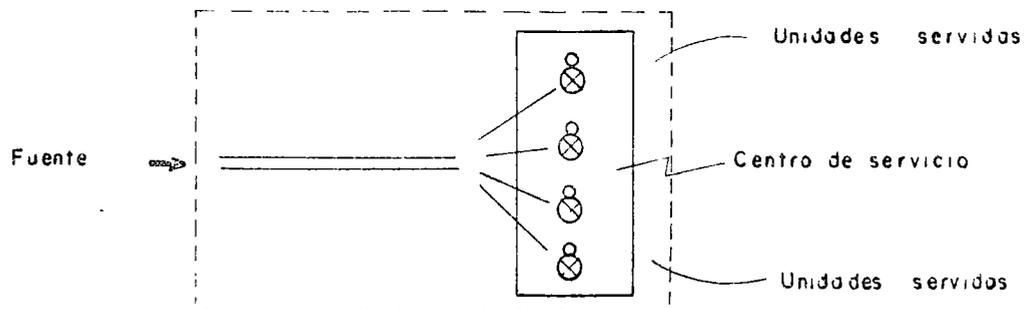
f) LINEAS DE ESPERA .- Nos enfrentamos a un caso típico de fenómenos de espe-  
ra cuyas características son:

a) Llegadas de unidades, a intervalos de tiempos deterministas o aleatorios, a  
un punto dado llamado centro de servicio.

Por ejemplo, arribo de camiones a una estación de carga (Traxcavo), a estas --  
unidades se les llamará "llegadas o entradas".

b) En el centro de servicio existen uno o varios canales de servicio o "esta-  
ciones". Las unidades eventualmente deben esperar a que una estación esté libre--  
para poder ser servidas. Las duraciones del servicio pueden ser deterministas o --  
aleatorias.

Para aclarar la estructura de los fenómenos de espera en la figura se presenta  
un esquema en el cual existe una fuente de insumos o de llegadas, una línea de espe-  
ra o cola, un centro de servicio con 4 estaciones o servidores.



De esta manera cada unidad (camión generada por la fuente de insumos es aten-  
dida por uno de los servidores (traxcavo) por lo cual eventualmente deberá esperar-  
en la cola si ésta no se encuentra vacía.

Al conjunto formado por la cola y los servidores se le llama el sistema de es-  
pera.

Para descubrir un fenómeno de espera es necesario especificar:

- a) La naturaleza de la fuente de insumos y del proceso de entradas y llegadas,
- b) El proceso del servicio y c) La disciplina del sistema se discutirá en seguida.

#### FORMA DE LLEVAR A CABO UN ANALISIS DE PELICULAS CON TIME-LAPSE.

- 1° Debemos proyectar la película a una velocidad de 18 cdros/seg. para familiarizar nos con ella y así, poder preparar nuestra secuencia de análisis.
- 2° Dada la anterior observación procederemos a formar una tabla o secuencia de cálculo compatible con las actividades impresas en la película, anotando el intervalo de filmación con que fue tomada la película.
- 3° Teniendo ya el material necesario, pasamos otra vez la película, ahora a una velocidad de 6 cdros/seg. con el objeto de encontrar los detalles más importantes como ciclos de operación completos, esperas prolongadas, defectos en la operación de una actividad, etc. poder juzgar los procedimientos y controles de la obra.
- 4° En base a las observaciones del inciso anterior detendremos la película en el inicio de una actividad, pondremos en cero el contador de cuadros y hechamos andar otra vez el proyector. Lo detenemos nuevamente al término de una parte fundamental del ciclo y tomamos la lectura del contador. (por ejemplo, la operación de carga). Encendemos otra vez y detenemos (por ejemplo, acarreo) y así sucesivamente paramos y encendemos tomando las lecturas respectivas. La diferencia de estas, serán las duraciones propias de las partes que intervienen en el ciclo de una actividad. Y la suma de ellas será el tiempo total del ciclo de esa actividad.
- 5° Después de haber anotado en nuestra tabla las lecturas y las diferencias de las lecturas observadas, las multiplicamos por el intervalo de filmación y obtendremos los tiempos de ejecución.
- 6° Conocidos los tiempos de ejecución y el tiempo total del ciclo podremos conocer

el porcentaje de los tiempos que intervienen en el ciclo.

7° Con estos datos podemos ahora juzgar: qué podemos modificar para reducir tiempos y mejorar nuestro control.

8° Con esta información podemos discutir ya sea con el jefe del proyecto o superintendente la manera en que vamos a atacar los problemas observados y llegar a conclusiones.

Para facilitar la búsqueda de mejores soluciones se debe tratar de:

- a) Eliminar todos aquellos detalles que son innecesarios.
- b) Balancear la cuadrilla para lograr una mejor secuencia en las operaciones, tratando de eliminar los tiempos osciosos, o reacomodando los elementos de la cuadrilla en los lugares o trabajos donde sean más eficientes, aumentando o disminuyendo los elementos de la cuadrilla original.
- c) Dotar a los trabajadores de mejores herramientas y equipo apropiado para que ejecuten sus actividades encomendadas con mayor facilidad y rapidez.
- d) Tratar de proporcionar a los trabajadores un ambiente con las mayores condiciones posibles de seguridad, evitando todos los aspectos que resulten peligrosos o nocivos para su integridad humana.
- e) Pedir opiniones a todas las personas que desarrollen o supervisen el trabajo, como son: Gerente, superintendentes, maestros de obra y los propios trabajadores.
- f) Prestar atención a todas las sugerencias por tontas o descabelladas que parezcan, ya que en ellas pudiera estar la solución buscada.

Elección e implantación del mejor procedimiento. Contando con un conjunto de ideas que tienden a mejorar el sistema de trabajo actual, se tendrá que hacer una evaluación de ellas, para seleccionar las que proporcionen mayores ventajas si son adaptadas.

Hecha la selección, se escribirá detalladamente el nuevo procedimiento elegido.

para someterlo a la aprobación correspondiente.

Cuando el estudio haya sido aprobado se tratará de implantar la solución lo -- antes posible, instruyendo a la gente encargada de ejecutar los trabajos, en la nue va forma de llevarlos a cabo.

La persona encargada del estudio se deberá preocupar por que la gente que lle- vará a cabo el nuevo sistema lo haya comprendido bien, y deberá hacer nuevos regis- tros para comprobar las ventajas obtenidas y conseguir lo que todavía hiciera falta.

#### EJEMPLO DE APLICACION .-

Se trata de la excavación de una mina de carbón a cielo abierto ("Tajo") en el Rancho Kakanapo ubicado a 5 kms. al oeste del km 93 de la carretera Monclova - Pie- dras Negras en el estado de Coahuila.

Para la extracción del material estéril se están empleando:

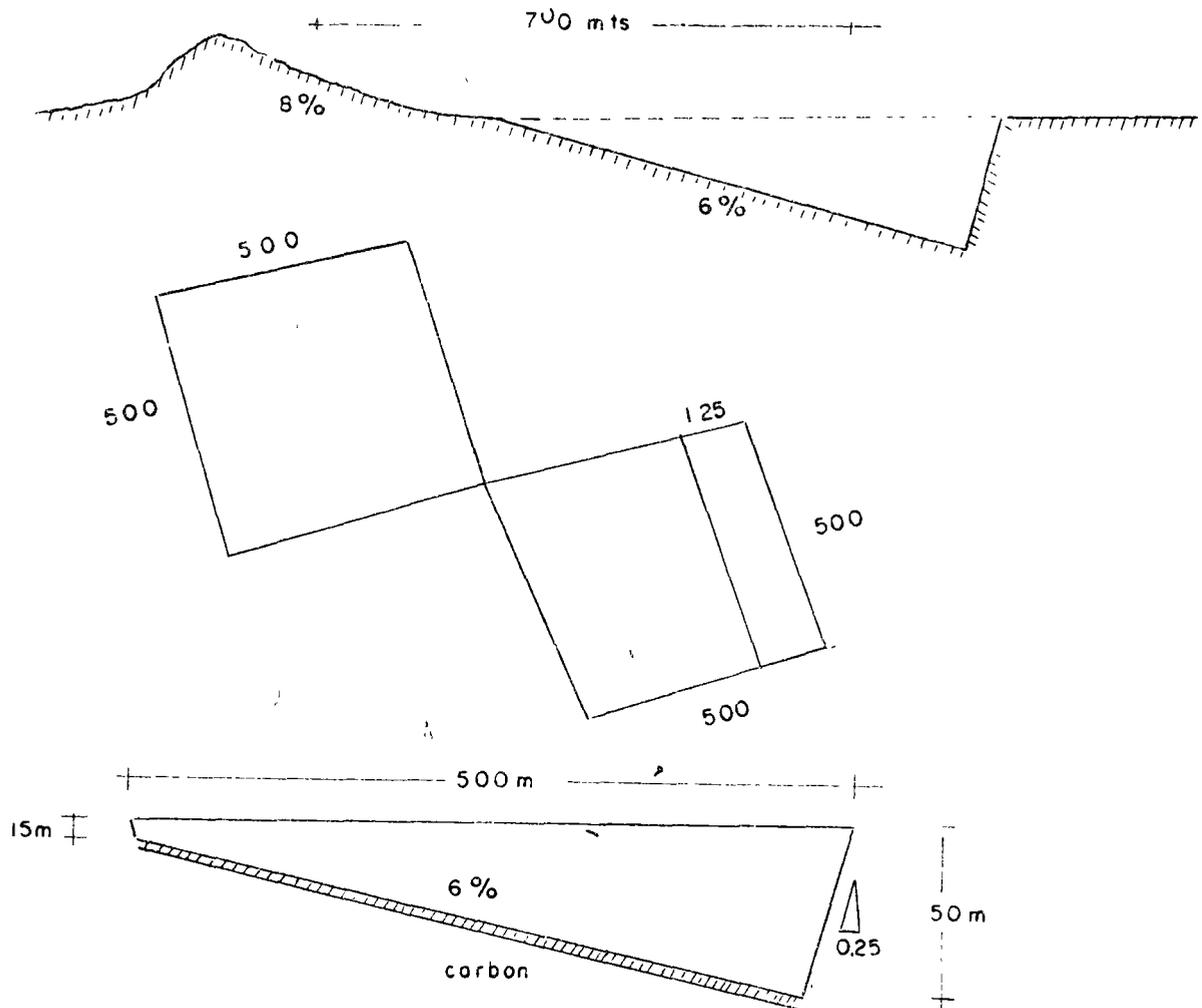
- 1 Cargador frontal CATERPILLAR 9-88 de 6 yd<sup>3</sup> de cap.
- 2 Cargadores Frontales TEREX 72-81 de 9 yd<sup>3</sup> de cap.
- 5 Camiones para fuera de carretera TLREX 33-05 de 18 yd<sup>3</sup>
- 6 Camiones para fuera de carretera TEREX 33-07 de 27 yd<sup>3</sup>
- 4 Tractores CATERPILLAR D-9G
- 2 Tractores CATERPILLAR D-8H
- 1 Motoconformadora CATERPILLAR 120-B

La obra consiste en 2 tajos ( A y B ) con un área de 250,000 m<sup>2</sup> cada uno. La- estratigrafía del manto de carbón tiene una pendiente del 6 %, localizándose a una- profundidad de 15 mts. al sur y de 50 mts. al norte de los tajos.

El procedimiento de ataque consiste en dividir en franjas, (la primera de ---- 125 mts x 500 mts en c/tajo, y las siguientes de 40 mts.), paralelas y excavando en forma escalonada hasta llegar al carbón.

El material extraído en las primeras franjas será depositado en almacenes for-

mados a la orilla de los tajos, que deberán aceptar un volúmen aproximado de -----  
 6'000,000 de mts. cúbicos. La longitud de acarreo de centro de gravedad del tajo a  
 centro de gravedad del almacén es de aproximadamente 700 mts. con una pendiente de  
 7 % promedio. Las franjas subsecuentes serán depositadas en las franjas ya explota  
 das.



NARRACION DE LA PELICULA MOSTRADA .

Esta película se filmó en el mes de febrero de 75, las tomas corresponden al -  
 Tajo A en la 1a. franja del proyecto. En esta están trabajando 2 CF 72-81, 3 camio  
 nes 33-07 y 3 camiones 33-05.

La película se inicia con maniobras de carga con un CF-72-81 y 2 camiones 33-07.

En esta parte son notables dos demoras de 2.6 min. y 0.27 min. por falta de -- camiones. También se puede ver a un camión que descarga en el sitio de carga para- que después la motoconformadora se encargue de mantener en buen estado los caminos.

Se obtiene un tiempo promedio de carga de 2.43 min/camión 33-07 con 3 botazos/ camión lo que nos da 0.81 min./botazo, que es algo superior al 0.7 min. que nos dan- los fabricantes TEREX. Esto puede ser debido a:

- a) Operador poco eficiente
- b) Material difícil de cortar
- c) Condiciones mecánicas (p. ejem., fugas en el sistema hidráulico)
- d) Difíciles condiciones de ataque
- e) etc

Sale a relucir en estas escenas, el buen fracturamiento de la roca.

No es posible observar los acarrees de los camiones pues es imperceptible la - diferencia entre los dos camiones. Sin embargo podemos calcular los tiempos de aca rreo completo ya que sólo son dos camiones.

Ahora se nos muestra en la película los acarrees, y por tanto podemos analizar los ciclos en su totalidad dividiendolos en sus partes más importantes como son:

- a) Carga
- b) Acarreo
- c) Descarga
- d) Regreso

Es importante tratar de seguir un solo camión que sea representativo de los -- demás.

En este caso los 33-05 son los más accesibles. Es notorio el mal arreglo del- camino de acarreo, pues debido a éste los camiones (sobre todo en su regreso) tie-- nen que disminuir su velocidad y aún detenerse para evitar una colisión.

Aquí puede verse que: el material está mal tronado ya que están apoyando a los cargadores 4 tractores D-9G

En esta última parte, podrían analizarse los ciclos de los tractores, pero es corto el tiempo de filmación y muy interrumpido.

En un segundo análisis de la película cabe hacer notar que en la primera parte de ésta el cargador tiene muchos tiempos osciosos debido a la falta de camiones, -- esto puede ser debido a:

- a) Distancia de acarreo muy grande
- b) Mala conservación de caminos
- c) Operadores ineficaces
- d) Fallas mecánicas

Nos inclinamos por la 2a. sugerión, ya que más adelante se muestran acarreos-completos mostrando esta deficiencia.

Otro punto por el cual elegimos la 2a. sugerión es que en varias operaciones-el cargador no se detiene indicando con esto que la distancia de acarreo es la adecuada. No se puede achacar a fallas mecánicas pues es tiempo en que está parado el-cargador es corto (a menos que el camión pueda circular aún con fallas mecánicas -- disminuyendo así la velocidad p. ejem. compresión baja).

En la segunda parte resalta la mala distribución y conservación de caminos en-los tiempos de espera, pues en ocasiones los operadores se ven en la necesidad de -detener completamente su unidad para evitar una colisión.

Por lo tanto, creemos que ampliando los caminos o permitiendo otro acceso al-sitio de carga y dándole más importancia al mantenimiento de caminos podrían redu--cirse los ciclos de acarreo y consecuentemente mantener acupados a los cargadores.

ANALISIS DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS CON CAMARA DE CINE MODIFICADA (TIME-LAPSE)

OBRA: 74-14 Tajo Kakanapo

PRIMER ANALISIS

Intervalo de filmación = 1 seg.

<u>CUADROS</u>		<u>TIEMPO</u>		<u>SIMBOLO</u>	<u>ACTIVIDAD</u>	<u>CAMION</u>
<u>Contador</u>	<u>No.</u>	<u>Seg.</u>	<u>min.</u>		<u>Descripción</u>	
0-130	130	130	2.17	○	Carga de material con CF-7281	33-07
130-286	156	156	2.60	⌋	Espera por falta de camión	-
286-428	142	142	2.37	○	Carga de material con CF-72-81	33-07
428-444	16	16	0.27	⌋	Espera por falta de camión	-
444-578	134	134	2.23	○	Carga de material con CF-72-81	33-07
0-145	145	145	2.42	○	"	33-07
145-327	182	182	3.03	○	"	33-07
327-468	141	141	2.35	○	"	33-07
468-675	207	207	3.45	⌋	Espera por falta de camión	-
675-740	65	65	1.08	○	Carga de material con CF-72-81	33-05
0-152	152	152	2.53	⇒	Acarreo de material al almacén	33-05
152-328	176	176	2.93	⇐	Regreso al sitio de carga	33-05
0-184	184	184	3.07	⇒	Acarreo de material al almacén	33-05
184-224	40	40	0.67	▽	Descarga en almacén	33-05
224-358	134	134	2.23	⇐	Regreso al sitio de carga	33-05
0-92	92	92	1.53	○	Carga de material con CF-72-81	33-05
92-982	190	190	3.17	⇒	Acarreo de material al almacén	33-05
282-319	37	37	0.62	▽	Descarga en almacén	33-05
319-409	90	90	1.50	⇐	Regreso al sitio de carga	33-05
409-444	35	35	0.58	⌋	Espera por falta de espacio	33-05
444-512	68	68	1.13	⇐	Continua regreso al sitio de carga	33-05
512-563	51	51	0.85	○	Carga de material con CF-72-81	33-05
0-78	78	78	1.30	○	"	33-05
78-160	82	82	1.37	○	"	33-05
160-284	124	124	2.07	○	"	33-07

(continua)

CUADROS		TIEMPO		SIMBOLO	ACTIVIDAD	CAMION
Contador	No.	Seg.	min.		Descripción	
284-363	79	79	1.32	D	Espera por falta de camión	-
0-132	132	132	2.20	○	Carga de material con CF-72-81	33-07

○	33-05	=	1.23		13.40	%
D	33-05	=	1.78		19.39	%
→	33-05	=	2.92		31.81	%
←	33-05	=	2.60		28.32	%
▽	33-05	=	0.65		7.08	%

T.C.	=	9.18 min.		100.00	%
------	---	-----------	--	--------	---

No. bot. = 24 ( 33-07 ) + 10 ( 33-05 )

No. bot. = 34

$$D = 8.22 + \frac{25}{33.22}$$

$$Ef. = \frac{25}{33.22} = 0.75$$

$$Prod. = \frac{60 \text{ min.}}{0.74 \text{ min/bot}} \times \frac{9 \text{ yd}^3}{\text{bot.}} \times 0.765 \frac{\text{m}^3}{\text{yd}^3} \times 0.75 (Ef.) = 419 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Notamos que comparativamente los tiempos de acarreo y regreso son parecidos. - Esto no debe ser pues se tienen a favor la pendiente y la falta de peso. Esto nos conduce a pensar que es necesario poner atención a la conservación y distribución de los caminos de acarreo, para reducir el tiempo de regreso y consecuentemente las esperas debidas a falta de camiones y dificultades en el tránsito.

ANALISIS DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS CON AYUDA DEL TIME-LAPSE

OBRA: Tajo Kakanapo

EQUIPO: 2 cargadores frontales TEREX 72-81

INTERVALO DE FILMACION = 1 seg.

3 camiones fuera carretera TEREX 33-05

SEGUNDO ANALISIS

3 camiones fuera carretera TEREX 33-07

<u>CONTADOR</u>		<u>TIEMPO</u>		<u>SIMBOLO</u>	<u>DESCRIPCION</u>	
<u>CUADROS</u>	<u>No.</u>	<u>SEG.</u>	<u>MIN.</u>			
	0-44	44	0.73	○	Carga sobre camión	33-07
	44-366	322	5.37	↔	Acarreo ida y vuelta	"
	44-154	110	1.83	○	Carga sobre camión	"
	154-512	358	5.97	↔	Acarreo ida y vuelta	"
	366-465	99	1.65	○	Carga sobre camión	"
	465-840	375	6.25	↔	Acarreo ida y vuelta	"
1a. P.	512-610	98	1.63	○	Carga sobre camión	"
					Camión extra *	
	610-938	328	5.47	↔	Acarreo ida y vuelta	"
	666-759	93	1.55	○	Carga sobre camión	"
	840-938	98	1.63	○	"	"
	938-1300	362	6.03	↔	Acarreo ida y vuelta	"
	938-1077	139	2.32	○	Carga sobre camión	"
	1077-1300	223	3.72	D	Cambia de sitio cargador sin cam.	
	////////////////////					Película sin intervalo de cálculo
	0-257	257	4.28	↔	Acarreo ida y vuelta	"
	40-331	291	4.85	↔	"	"
	257-311	54	0.90	○	Carga sobre camión	33-05
	311-496	185	3.08	→	Acarreo ida	"
	496-532	36	0.60	▽	Descarga en almacén	"
2a. P.	532-665	133	2.22	←	Acarreo regreso	"
	588-620	32	0.53	D	Espera para evitar colisión	"
	665-726	61	1.02	○	Carga sobre camión	"
	726-921	195	3.25	→	Acarreo ida	"
	921-958	37	0.62	▽	Descarga en almacén	"
	958-1153	195	3.25	←	Regreso	"
	1041-1083	42	0.70	D	Espera para evitar colisión	"
	1153-1207	54	0.90	○	Carga sobre camión	"
	0-18	18	0.30	D	Espera para evitar colisión	"

\* Entra en escena un camión 33-07 y deposita material para que la motoconformadora acondicione el camino. Después aprovecha para ser llenado y acarrear material al depósito.

1a. Parte

○ = 1.62 min/botazos = 0.54 1/botazo = T.C.

↔ = 5.82 min, camión 33-07

No. de botazos = 21

2a. Parte

⊙ = 0.94 min/2botazos = 0.47 1/botazo

→ = 3.17 min, camión 33-05

← = 2.74 min.

▽ = 0.61 min

∅ = 0.31 min.

↔ = 5.4 min.

No. de botazos = 12

ANALISIS DE CARGA CON CARGADOR FRONTAL 72-81 Y CAMIONES 33-07 Y 33-05

OBRA 74-14 " Tajo Kakanapo "

12-marzo-75

INTERVALO DE FILMACION = 2 seg.

UN SOLO ANALISIS

CUADROS		TIEMPO		ACTIVIDAD			
Contador	No.	Seg.	Min.	Símbolo	Descripción	Camión	No. bot.
0-68	68	136	2.27	○	Carga de material con CF-72-81	33-07	3
68-143	75	150	2.50	○	"	"	3
143-198	55	110	1.83	○	"	"	3
198-253	55	110	1.83	○	"	"	3
253-340	87	174	2.90	D	Espera por falta de camiones	-	-
340-395	55	110	1.83	○	Carga de material con CF-72-81	"	3
395-476	81	162	2.70	○	"	"	3
476-528	52	104	1.73	D	Espera por falta de camiones	"	-
528-597	69	138	2.30	○	Carga de material con CF-72-81	"	3
597-649	52	104	1.73	○	"	33-05	2
649-698	49	98	1.63	○	"	33-07	3
698-751	53	106	1.77	D	Espera por falta de camiones	"	-
751-833	82	164	2.73	○	Carga de material con CF-72-81	"	3
833-882	49	98	1.63	○	"	"	3
0-47	47	94	1.57	○	"	"	3
0-56	56	112	1.87	○	"	"	3
26.42 min.							38 bot

○ 33-07 = 2.20 min.

D = 0.49 min.

$$T. \text{ CICLO} = \frac{26.42 \text{ min.}}{38 \text{ bot.}} = 0.695 \hat{=} 0.7 \text{ min/bot}$$

$$Ef. = \frac{26.42}{32.82} = 0.80$$

$$Prod. = \frac{60 \text{ min/hr}}{0.7 \text{ min/bot.}} \times 9 \text{ yd}^3 \times 0.765 \frac{\text{m}^3}{\text{yd}^3} \times 0.80$$

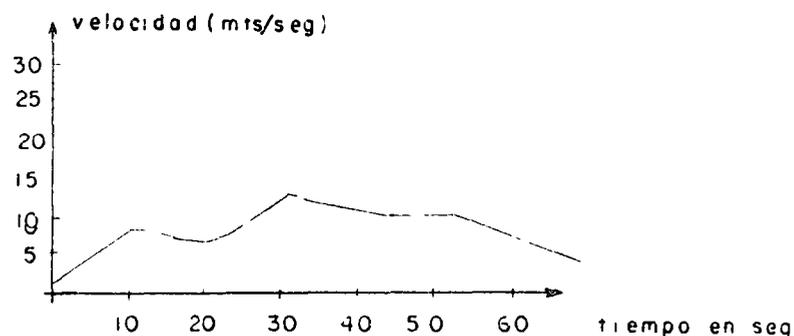
$$Prod. = 472 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Al comparar el análisis de las dos películas en la maniobra de carga, es notable al aumento de la producción de 419 m<sup>3</sup>/hr a 472 m<sup>3</sup>/hr, es decir un 12.65 %. Con lo -- cual concluimos que el buen mantenimiento y distribución de caminos ha sido una solución acertada.

#### ESTUDIOS CON VELOCIMETRO .-

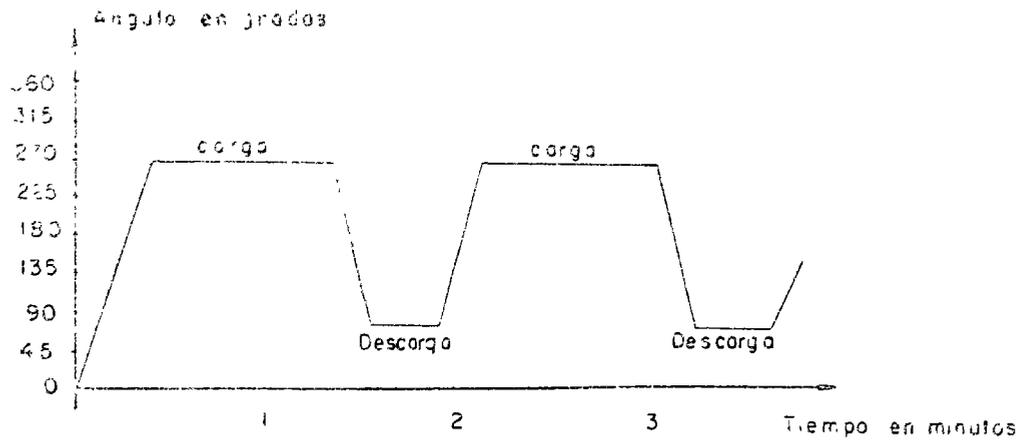
Se utiliza principalmente en actividades, en las que intervienen movimientos como los acarreos. Este aparato se conecta a las ruedas motrices de la unidad que se va a analizar y nos marcará mediante una gráfica, velocidades contra tiempos. De esta manera podemos encontrar las distancias en que se mueve dicha unidad. Su aplicación es importante en caminos en los cuales por la cantidad de cambios de dirección - en cortas distancias, impiden el rápido conocimiento de la distancia de acarreo.

Con este aparato podemos analizar p. ejem. motoescrepas, las velocidades en que circulan en un determinado tramo que, al compararlo con otros, podremos cuantificar - el grado de dificultad que presenta este tramo para la máquina y concluir, entonces, - en aceptar o rechazar este tramo del camino de acarreo



#### ESTUDIOS CON CRONOGRAFO. -

Este aparato nos marca graficamente la variación del tiempo en las diferentes -- partes que intervienen en una determinada actividad. Una de sus aplicaciones de más -- uso es en las dragas de gran capacidad, en que la gráfica muestra las duraciones con -- tra el ángulo de giro de la draga.



Con estos datos y con la capacidad del cucharón, podemos calcular la producción de la draga.

#### ESTUDIOS CON HOROMETROS. -

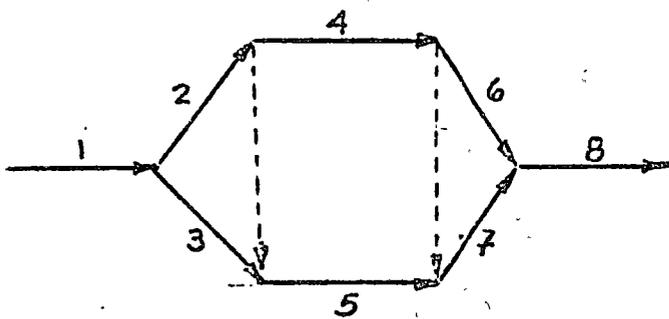
Este aparato nos da el tiempo en que han estado en operación las máquinas. Si conocemos, mediante una cubicación la producción. Entonces, con las horas marcadas en el horómetro podemos conocer el rendimiento real de la máquina.

## CONTINUACION DE LA FASE I

Recordemos o repasemos los tipos de diagrama que hay :

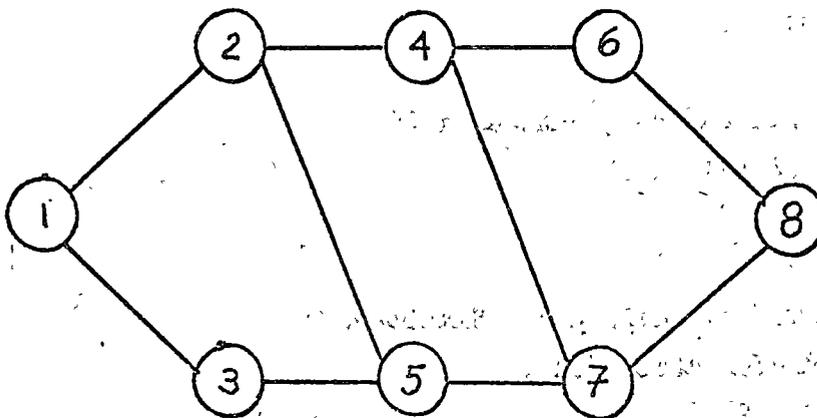
Flechas y Nodos

### SISTEMA DE FLECHAS:



<u>ACTIVIDAD</u>	<u>PRECEDENCIA</u>
1	-
2	1
3	1
4	2
5	2.3
6	4
7	4.5
8	6.7

### SISTEMA DE NODOS .



Notese la necesidad de las actividades ficticias en el sistema de flechas.

Recomendaciones para hacer la red de actividades :

- 1) Enumerar los conceptos o actividades que desean controlar en una lista progresiva, sin importar su secuencia en la obra.

Ejemplo :

- 1) Trazo y Nivelación
- 2) Excavaciones.
- 3) Cimentación
- 4) Columna P.B. - 1°
- 5) Losa 1° Piso
- 6) Columna 1° 2°
- 7) Losa 2° Piso
- 8) Columna 2° 3°
- 9) Losa 3° Piso
- 10) Columna 3° - Azotea
- 11) Losa azotea
- 12) Muros de P.B.
- 13) Instalación Hidráulica y Sanitaria P.B.
- 14) Instalación Eléctrica P.B.
- 15) Acabados P.B.
- 16) Muros 1°
- 17) Inst. Hidráulica y Sanitaria 1°
- 18) Inst. eléctrica 1°
- 19) Acabados 1°
- 20) Muros 2°
- 21) Instalación Hidráulica y Sanitaria 2°
- 22) Instalación eléctrica 2°
- 23) Acabados 2°
- 24) Muros 3°
- 25) Instalación Hidráulica y Sanitaria 3°
- 26) Instalación eléctrica 3°
- 27) Acabados 3°
- 28) Impermeabilización Azotea.

2) Se debe analizar la secuencia de las actividades, es decir, revisar las precedencias. Que actividades deben estar terminadas para poder empezar la nueva actividad.

ACTIVIDAD

PRECEDENTES

1	0
2	1
3	2
4	3
5	4
6	5
7	6
8	7
9	8
10	9
11	10
12	5,9
13	12
14	12
15	12,13,14
16	7,11
17	16
18	16
19	16,17,18
20	1
21	1
22	1
23	1
24	
25	
26	
27	
28	

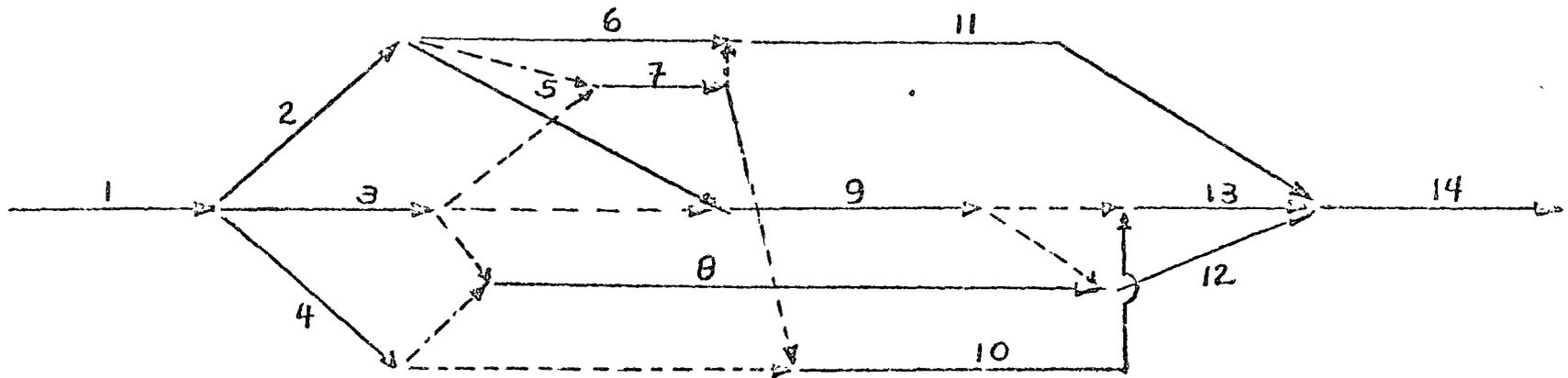
- 3) Es conveniente después de indicar las precedencias, revisar que no se haya formado un loop, y que todas las actividades estén ligadas, es decir, que no quede ninguna actividad abierta. Para fines de aplicación a computadora no debe haber más que una actividad inicial y una final.
  
- 4) Para empezar a dibujar la red de actividades, se recomienda hacerla primero en borrador, y comenzar de Izquierda a Derecha -  
(  )
  
- 5) Una vez hecha la red de actividades, conviene revisarla con la tabla de secuencias, para checar el trabajo realizado.
  
- 6) Pasar en limpio la red de actividades.

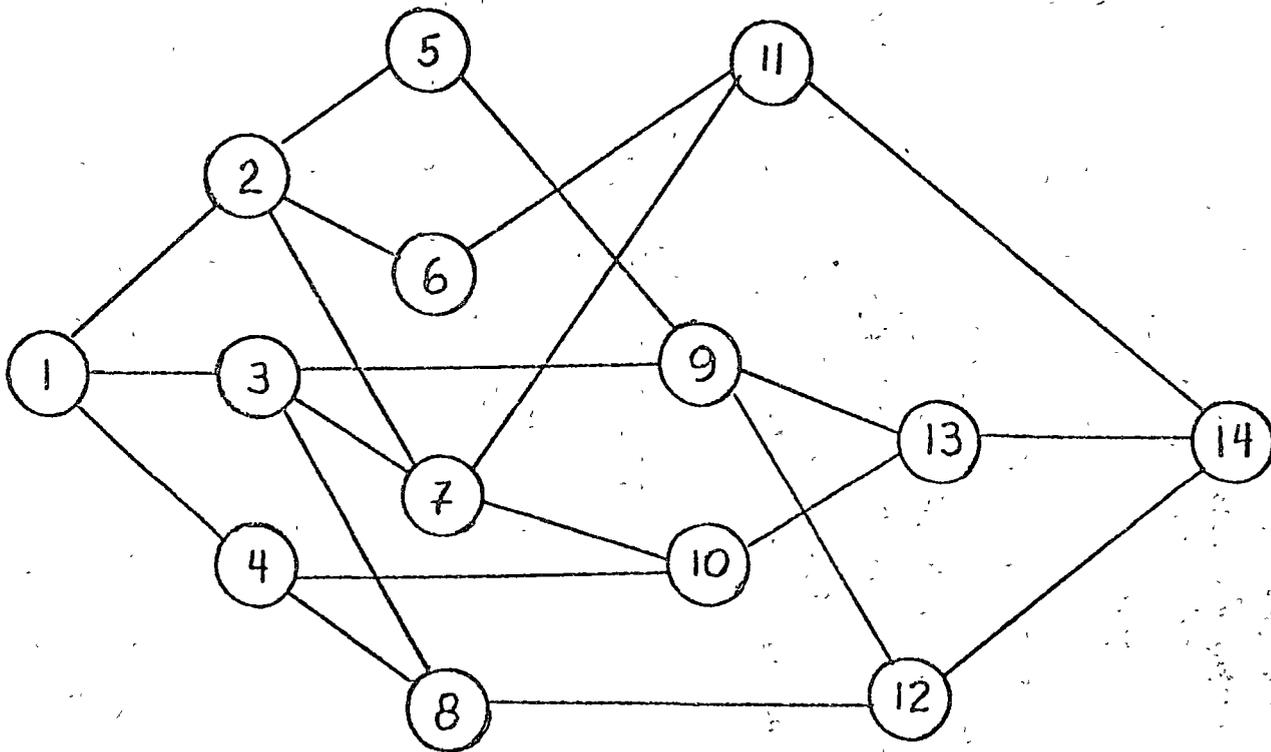
- Ejercicio :

ACTIVIDAD  
No.

ACTIVIDADES  
PRECEDENTES

1	-----	0
2	-----	1
3	-----	1
4	-----	1
5	-----	2
6	-----	2
7	-----	2.3
8	-----	3.4
9	-----	5.3
10	-----	4.7
11	-----	6.7
12	-----	8.9
13	-----	9.10
14	-----	11,12,13





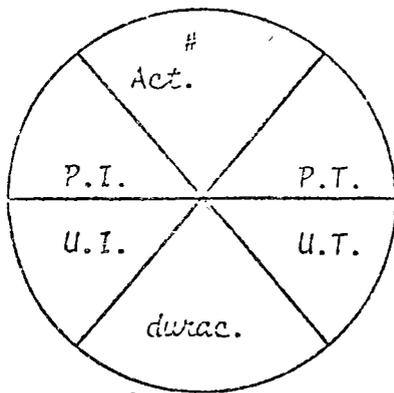
## FASE II

En esta fase de la ruta crítica, se realizan todas las mecanizaciones necesarias, para poder conocer el tiempo total de duración del proyecto, así como la ruta crítica. También en esta fase se calculan las holguras de las actividades.

Como dato adicional a la fase I, es necesario conocer la duración en días de cada actividad.

Para realizar todos los cálculos y tabulaciones necesarias lo haremos considerando un diagrama o red de actividades por nodos, ya que en la fase I, analizamos que era el diagrama más sencillo.

### NOYENCLATURA Y DEFINICIONES



# Actividad.- Identificación numérica de la actividad.

P.I. - Primera fecha de inicio

U.I. - Última fecha de inicio

P.T. - Primera fecha de terminación

U.T. - Última fecha de terminación.

H.T. - Holgura total

H.L. - Holgura libre

H.I. - Holgura con interferencia

H.P. - Holgura particular (lag).

Holgura Total (H.T.)<sub>A</sub> . La holgura total de la actividad A es el tiempo que puede ser pospuesta la terminación de la actividad A, sin que se modifique la fecha de terminación de la obra.

Holgura libre (H.L.)<sub>A</sub>.- La holgura libre de la actividad A, es el tiempo que puede ser pospuesta la terminación de la actividad A, sin que se modifique que la fecha de inicio de ninguna de las actividades subsecuentes.

Holgura con interferencia (H.I.)<sub>A</sub>.- La holgura con interferencia de la actividad A, es el lapso de tiempo que puede ser pospuesta la terminación de la actividad A, sin que se modifique la fecha de terminación de la obra, aunque modificando por lo menos el inicio de una de las actividades subsecuentes.

Holgura particular (H.P.)<sub>A-B</sub>.- La holgura particular de las actividades A y B, es el lapso de tiempo que puede ser pospuesta la terminación de la actividad A, sin afectar la fecha de inicio de la actividad B.

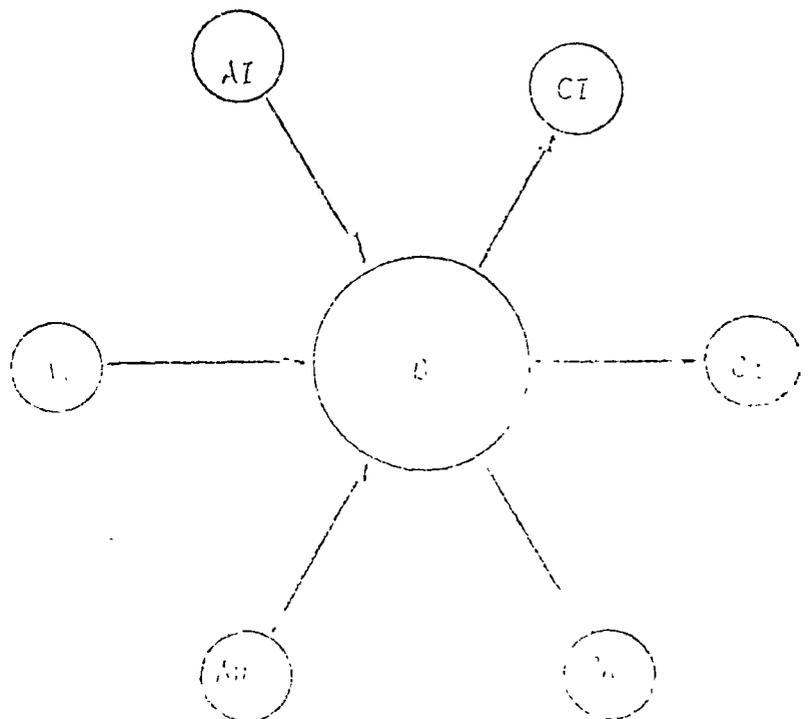
Una actividad crítica, es aquella cuya holgura total es cero.

Ruta crítica, es el conjunto de actividades críticas que determinan la duración de la obra.

FORMULAS :

- (P.I.) B = Mayor (P.T.) A<sub>i</sub>
- (P.T.) B = (P.I.) B + (duración) B
- (U.I.) B = (U.T.) B - (duración) B
- (U.T.) B = Menor (U.I.) C<sub>i</sub>
- (H.T.) = (H.L.) B + (H.T.) B
- = (U.T.) B - (P.T.)
- = (U.I.) B - (P.I.) B
- (H.P.) B-C<sub>i</sub> = (P.I.) C<sub>i</sub> - (P.T.) B
- (H.L.) B = Menor (U.P.) B-C<sub>i</sub>

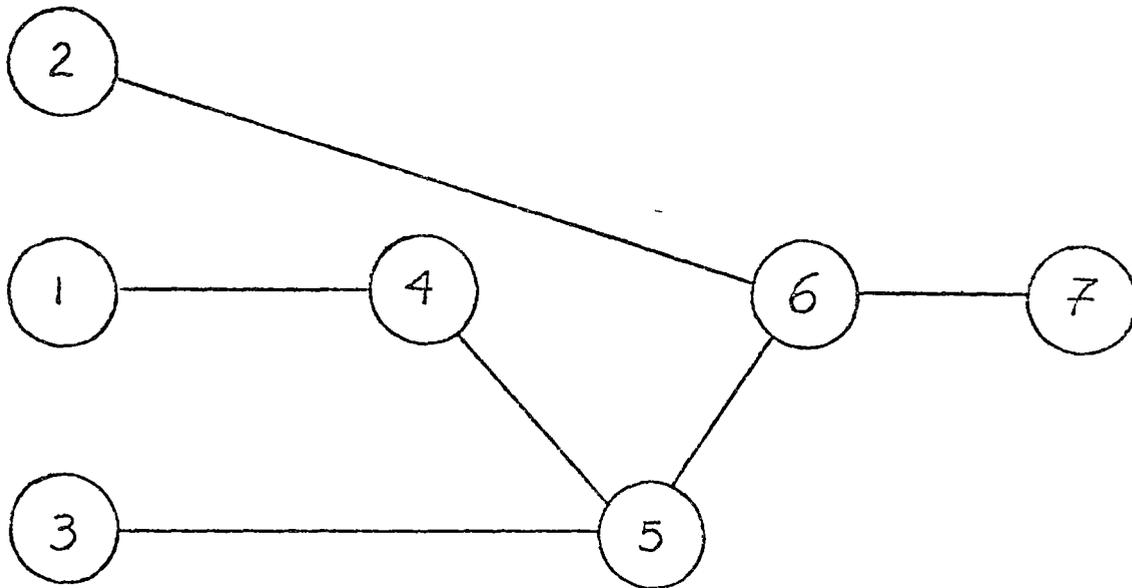
Ejercicios y ejemplos .

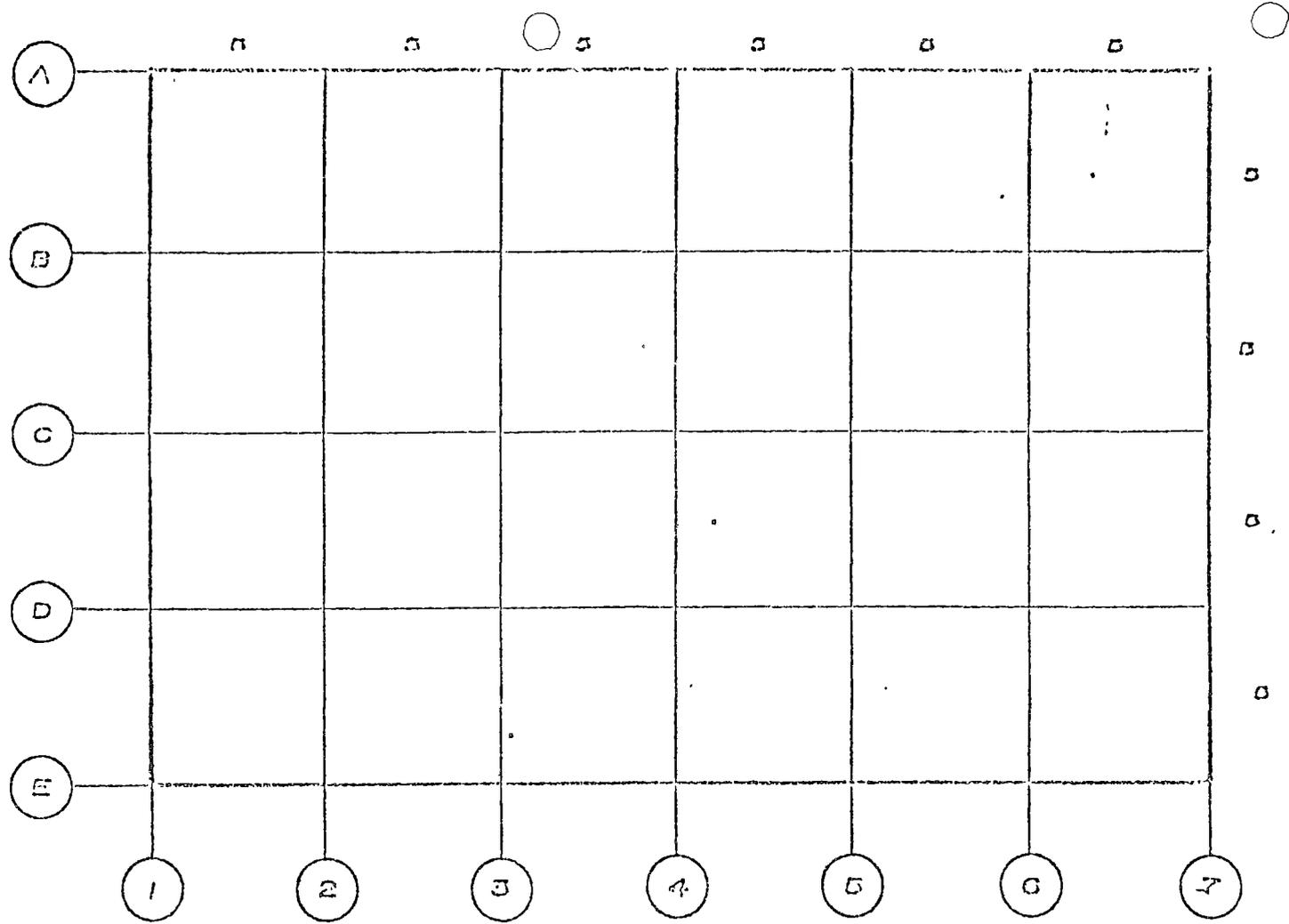


EJERCICIO DE LA FASE II :

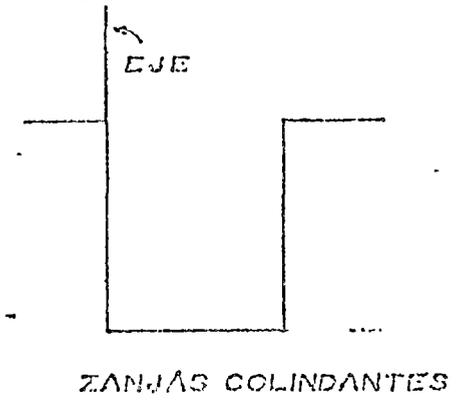
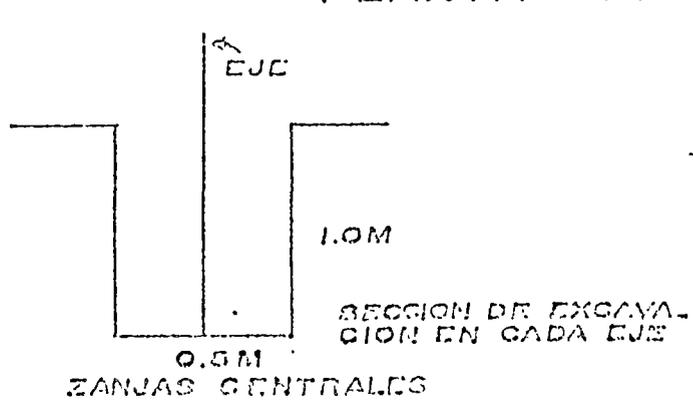
=====

ACTIVIDADES	PRECEDENCIAS
1 Excavación	-
2 Habilitado de cimbra	-
3 Habilitado de fierro	-
4 Plantillas	1
5 Colocación de armado	3,4
6 Colocación de cimbra	2,5
7 Colado de cimentación	6





PLANTA DE CIMENTACION



Actividad 1 : EXCAVACION :

Volúmen : 210 M3.

Rendimiento excavación a mano : 4 M3/día

Considerando 14 peones = 14 peones x 4 m3/día - peón,  
+ 4 peones con carretilla.

Duración =  $\frac{210 \text{ M3}}{56 \text{ m3/día}} = 2.75 \text{ días} = 4 \text{ días}$

Duración de la excavación = 4 días

Mano de Obra = 18 peones y 2 cabos

Equipo = 14 palas, 14 picos y 4 carretillas.

P.U. EXCAVACION : \$20.51/m3

Monto total avance excavación a ejecutar (\$20.51/m3) (210 --  
M3)  
= \$4,307.00

Como la excavación se hará en cuatro días, el monto del avance diario sera :

$\frac{\$4,307.00}{4 \text{ días}} = \$1,077.00$

Actividad 2 : HABILITADO DE CIMSRA :

Cantidad a habilitar : 432 ml.

No. hojas =  $\frac{432 \text{ ml}}{2.44 \text{ ml}} = 177 \text{ hojas de triplay}$

Compra : \$273.00/hoja x 177 hojas = \$48,321.00 x 1.3 = 62,817.30

Habilitado \$12.00/m2 x \$527. M2 = \$6,324.00

Rendimiento : 15 hojas/día

Consideremos 2 carpinteros y 2 ayudantes

Duración =  $\frac{177 \text{ hojas}}{30 \text{ hojas/día}} = 6 \text{ días}$

Costo diario del habilitado : \$6,324.00/6 días = \$1,054.00/día

Actividad 3 : HABILITADO DEL FIERRO :

Cantidad por habilitar : 7 toneladas

Compra : \$5,500.00/ton x 7 toneladas = \$38,500.00 x 1.3 = 50,050

Habilitado : \$ 600.00/ton x 7 toneladas = \$4,200.00

Rendimiento habilitado varilla :

- a) 3/8" 375 kg/día (1 fierro y 2 ayudantes)
- b) 1/2" 400 kg/día (1 fierro y 2 ayudantes)
- c) 3/4" 700kg /día (1 fierro y 2 ayudantes)

Como tenemos :

a) Varilla 3/8 " = 2 toneladas

2 cuadrillas (2 fierros y 4 ayudantes) = 750Kg/día

Duración (3/8") =  $\frac{2000 \text{ kg}}{750 \text{ kg/día}} = 3 \text{ días}$

b) Varilla 1/2" 3 toneladas

2 cuadrillas (2 fierros y 4 ayudantes) = 800 kg/día

Duración (1/2") =  $\frac{3000 \text{ kg}}{800 \text{ kg/día}} = 4 \text{ días}$

c) Varilla 3/4" = 1 tonelada

1 cuadrilla (1 fierro y 2 ayudantes) = 700 kg/día

Duración (3/4") =  $\frac{1000 \text{ kg}}{700 \text{ kg/día}} = 2 \text{ días}$

Consideremos la duración mayor, en este caso es de 4 días.

Como habilitaremos toda la varilla en 4 días, veamos cual es nuestro gasto por día :

$\frac{4,200.00}{4 \text{ días}} = \$1,050/\text{día}$

4 días

#### Actividad 4 : COLOCACION PLANTILLAS

Plantillas para colado de trabes.

Cantidad = 210 m<sup>2</sup>.

Rendimiento = 10m<sup>2</sup>/día - peón

2 cabos y 10 peones = 100 m<sup>2</sup>/día

Duración :  $\frac{210 \text{ m}^2}{100 \text{ m}^2/\text{día}} = 2 \text{ días}$

100 m<sup>2</sup>/día

P.U. colocación de plantilla \$23.63/m<sup>2</sup>.

Monto colocación plantilla : 210 M<sup>2</sup> (23.63/m<sup>2</sup>) = \$4,962.00

Monto del avance por día : \$4,962.00/2 días = \$ 2,481.00/día

Duración colocación plantilla : 2 días

Mano de Obra : 10 peones y 2 cabos.

#### Actividad 5 : COLOCACION ARMADO

Cantidad 7 toneladas

P.U. \$400.00/tonelada

Monto total por colocación = \$400.00 /ton x 7 ton.  
= \$2,800.00

2 cuadrillas (2 fierrenos y 6 ayudantes) 40 m<sup>2</sup>/día

Duración =  $\frac{290 \text{ m}^2}{40 \text{ m}^2/\text{día}} = 8 \text{ días}$

Monto por día =  $\frac{\$2,800.00}{8 \text{ días}} = \$350.00$

Duración armado = 8 días

Mano de obra = 2 fierrenos y 6 ayudantes

Monto/día = \$350.00

### Actividad 6 : COLOCACION CIMBRA

Cantidad a colocar : 432 m<sup>2</sup>.

$\frac{432 \text{ m}^2}{2.44} = 177 \text{ hojas}$

2.44 m<sup>2</sup>/hoja

177 hojas x 2.44 m x 1.22 m = 527 m<sup>2</sup>

P.U. colocado = \$18.00/m<sup>2</sup>

Monto del colocado de cimbra = 527m<sup>2</sup>x\$18/m<sup>2</sup>= \$9,486.00

3 cuadrillas (3 carpinteros y 6 ayudantes)

Duración =  $\frac{527 \text{ m}^2}{105 \text{ m}^2/\text{día}} = 5 \text{ días}$

Monto de colocación cimbra/día = \$9,486.00/5 días  
= \$1,897/día

Duración = 5 días

Mano de Obra = 3 carpinteros y 6 ayudantes

Monto/día = \$1,897.00/día

### Actividad 7 : COLADO DE CONTRATRABES

Cantidad a colar = 210 m<sup>3</sup> de concreto

P.U. colocación = \$750.00/m<sup>3</sup>

Rendimiento = 100 m<sup>3</sup>/día

Duración =  $\frac{210 \text{ m}^3}{100 \text{ m}^3/\text{día}} = 2 \text{ días}$

Monto de colocación total : \$750.00/m<sup>3</sup> x 210m<sup>3</sup> = \$157,500

Monto de colocación/día = \$157,500/2 días = \$78,750.00/día

Mano de Obra : 25 peones , 4 cabos

Equipo : 3 vibradores, 2 revolvedoras de 2 sacos..

Duración : 2 días  
Monto por día = \$78.750/día

Una vez obtenidos los recursos procedemos a programar aplicando las reglas de programación, aplicados anteriormente.

Volviendo al ejemplo de la cimentación trazaremos ahora el diagrama de círculos y realizaremos las sumas hacia adelante y hacia atrás para obtener la ruta crítica. Las duraciones de cada actividad en este caso son hipotéticas. Nos referimos a la figura No. 1

Consideremos la actividad Excavación. Como excavación es la actividad inicial de la red, al igual que habilitado de la cimbra y habilitado del fierro :

IC1=0 días, entonces marcamos en el casillero correspondiente "0"

Obtenemos la terminación cercana :

TC1=IC1+ Duración 1

TC1 = 0 + 4 = 4

TC1 = 4 días.

Hacemos lo mismo con las actividades Números 2 y 3 respectivamente.

Siguiendo el diagrama hacia la derecha, nos encontramos con la actividad No. 4 como esta actividad depende de la actividad No. 1 para su ejecución entonces

IC4 = TC1

IC4 = 4

TC4 = IC4 + Duración 4

TC4 = 4 + 2 = 6

TC4 = 6

Colocamos estas cantidades sobre los casilleros de la actividad No. 4 con cierta práctica, se pueden ejecutar las sumas sobre los mismos casilleros.

# DIAGRAMA DE CIRCULOS

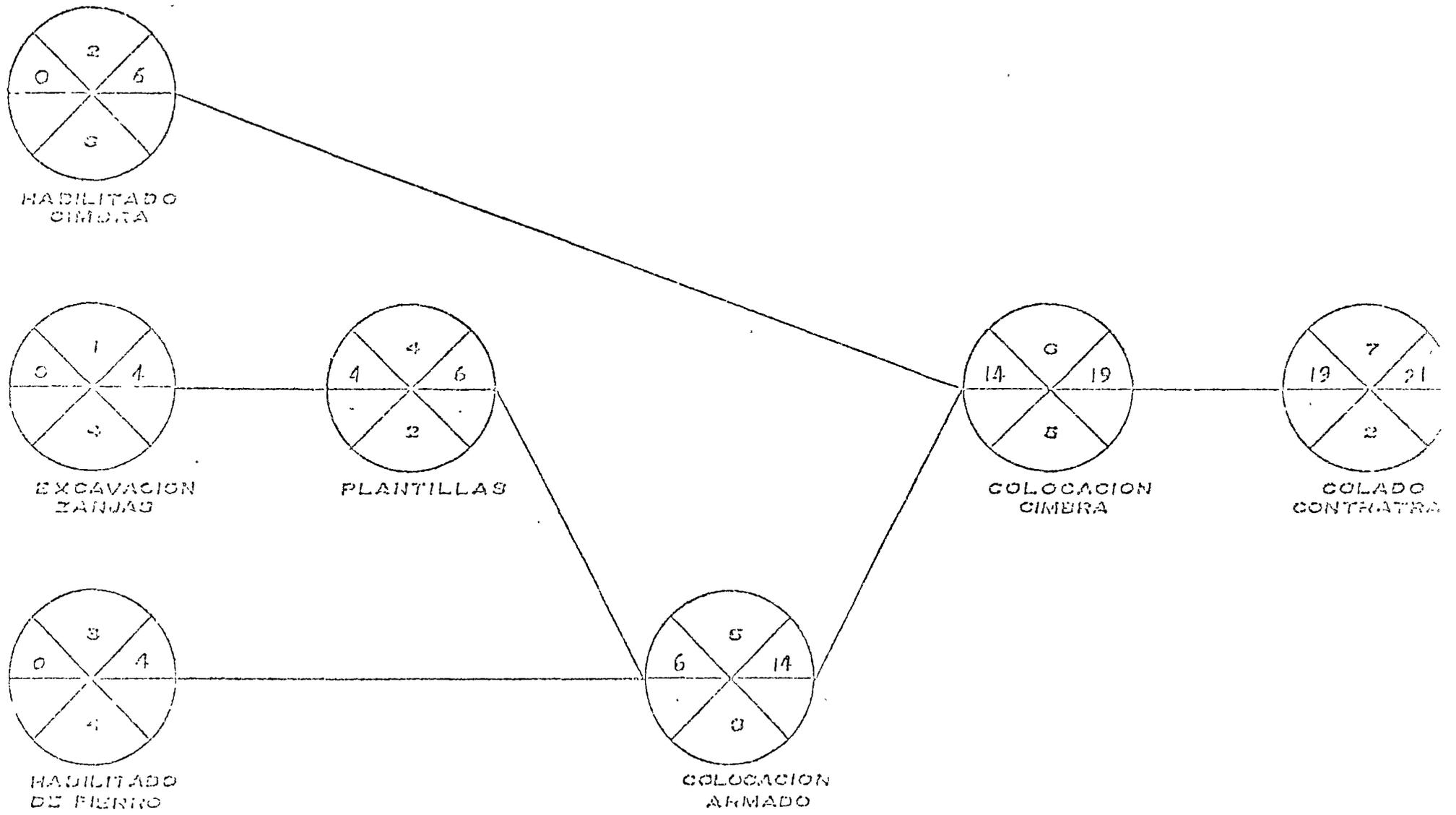


FIGURA No 1



Estudiaremos ahora la actividad No. 5, del diagrama vemos que la actividad No. 5 depende de las actividades No. 4 y No. 3 respectivamente.

Obtengamos la IC5

IC5 = Mayor de los TC de las actividades 3 y 4

IC5 = TC4

IC5 = 6

TC5 = IC5 + Duración 5 = 6 + 8

TC5 = 14

Así continuemos hasta obtener los elementos IC7 y TC7. Ahora procedamos a obtener las holguras particulares o sea las holguras entre actividades.

Para obtener la holgura particular HP procedemos de la siguiente forma:

$$HP_{A_i} = IC_B - TC_A$$

Donde  $HP_{A_i}$  = holgura particular de la actividad A.

$IC_B$  = Inicio cercano de B

$TC_A$  = Terminación cercana de A

La holgura particular puede ser mayor o igual a cero.

$$HP \geq 0$$

En la figura No. 2 se marca la holgura particular sobre las líneas que unen a las actividades. Cuando la  $HP > 0$ , se marca con número sobre la línea que las une y cuando  $HP = 0$  se coloca una raya = uniendo las actividades

# DIAGRAMA DE CIRCULOS

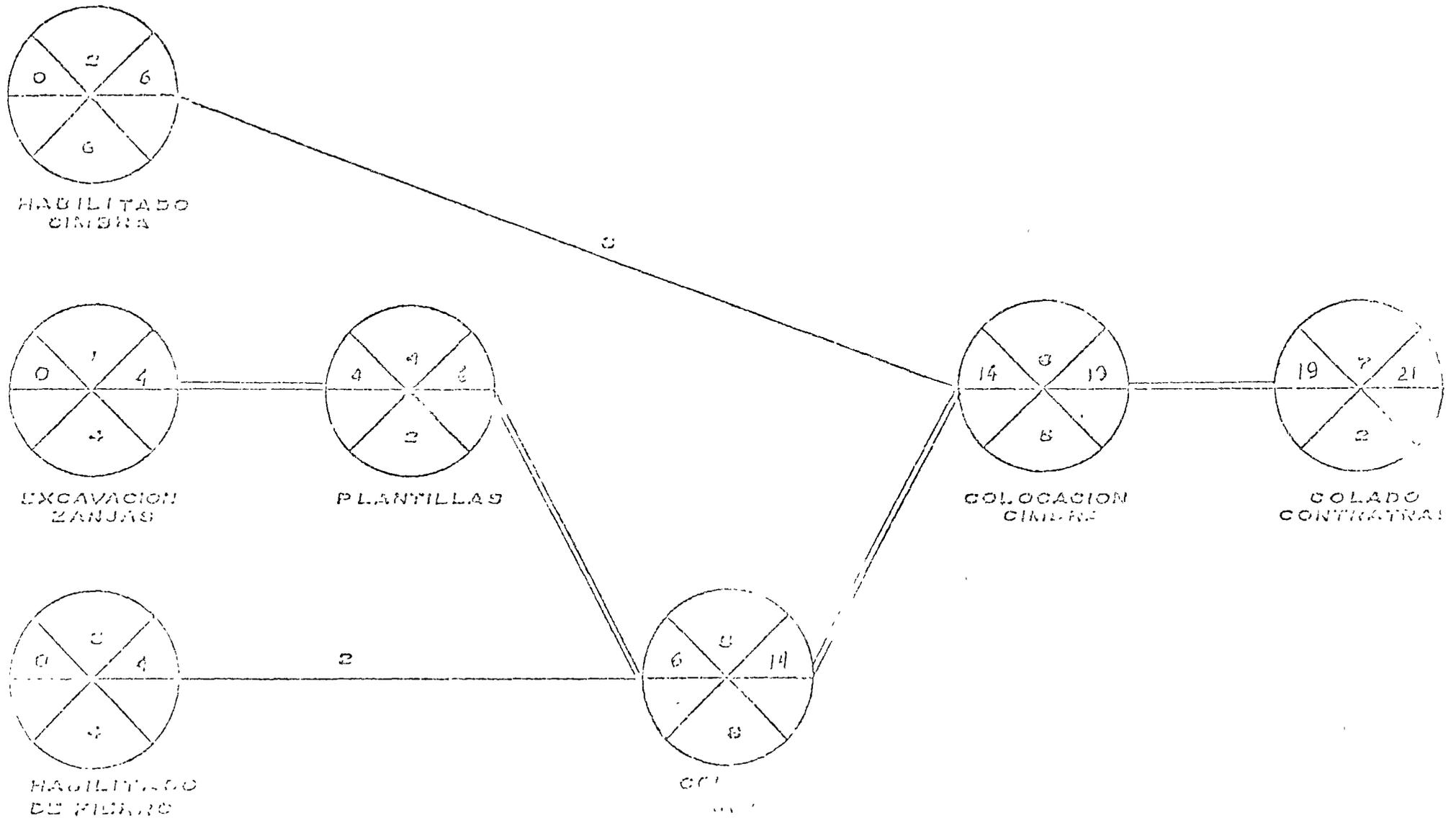


FIGURA 11.5



# DIAGRAMA DE CIRCULOS (PRECEDENCIAS)

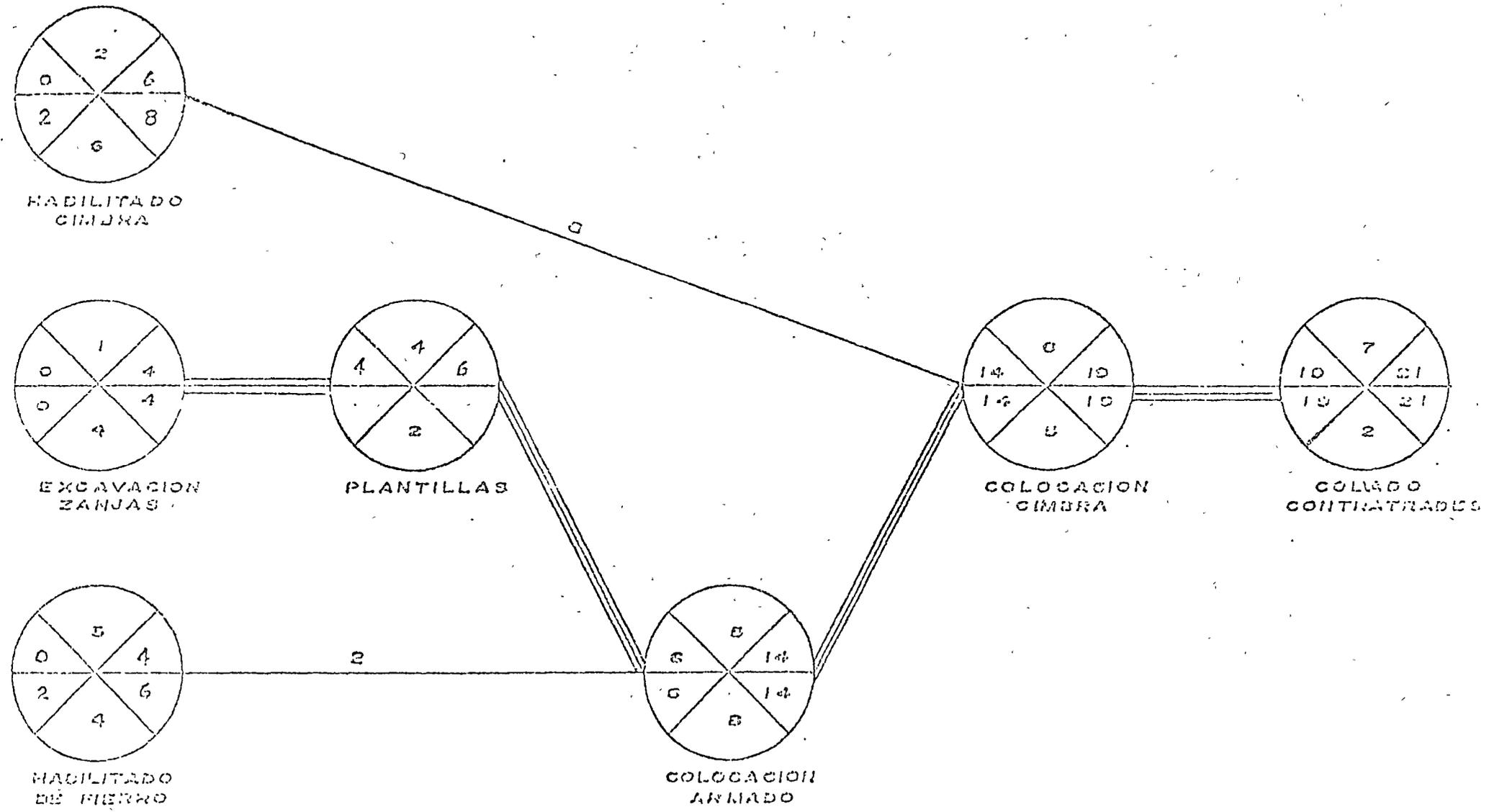


FIGURA No. 4

Como se pudo apreciar con el ejemplo anterior, en la Fase II se hacen los cálculos numéricos. En esta fase es donde conocemos la duración total de la obra, así como las holguras de las actividades.

Con los datos obtenidos en esta fase (duración total y holguras) es conveniente revisar la programación de la obra, para balancear los recursos (materiales, Mano de obra, equipo, financiamiento, etc.)

Para poder balancear los recursos, es necesario hacer programas colaterales de los recursos a emplear.

Para control de obra y para realizar los programas colaterales, es conveniente pasar la ruta crítica a programa de barras.

Para control visual de avances y atrasos, se recomienda hacerlo en un programa de barras.

Analizamos los programas de obra y colaterales en barras del ejemplo anterior.

# DIAGRAMA DE BARRAS

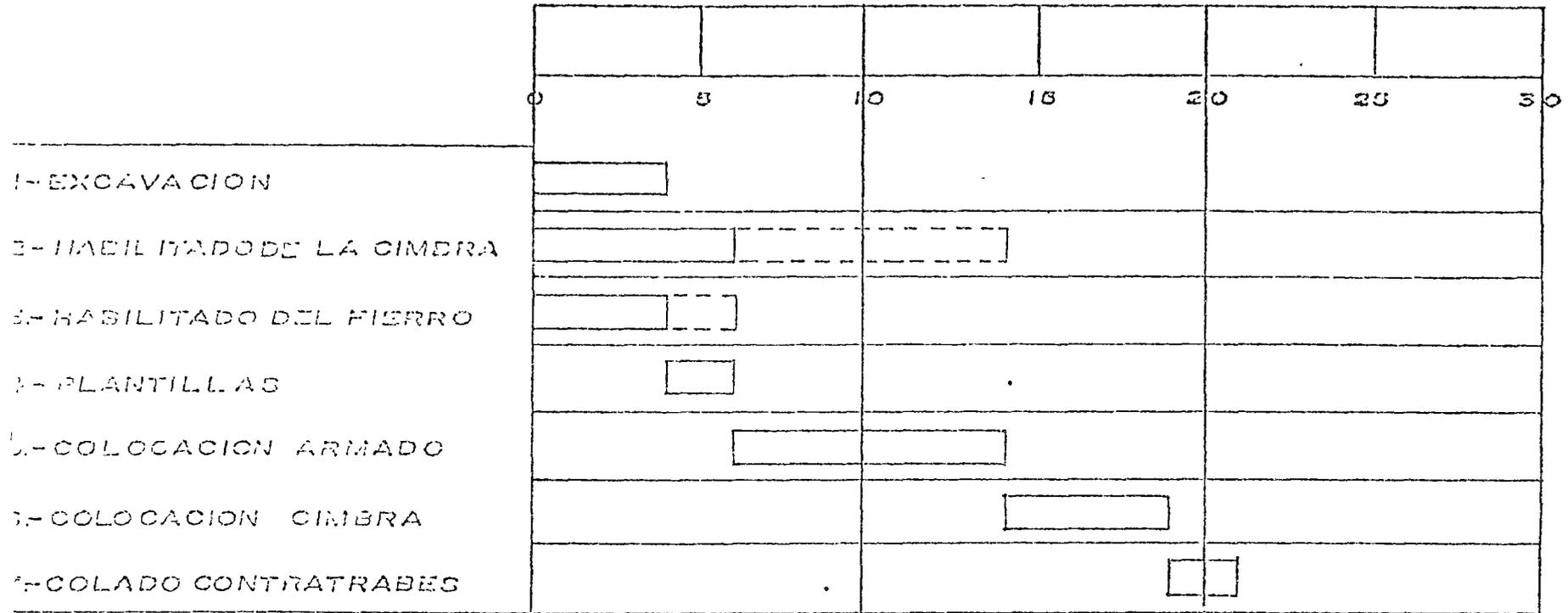


FIGURA N.º 8

OBSERVACIONES :

---



---



---

# DIAGRAMA DE BARRAS

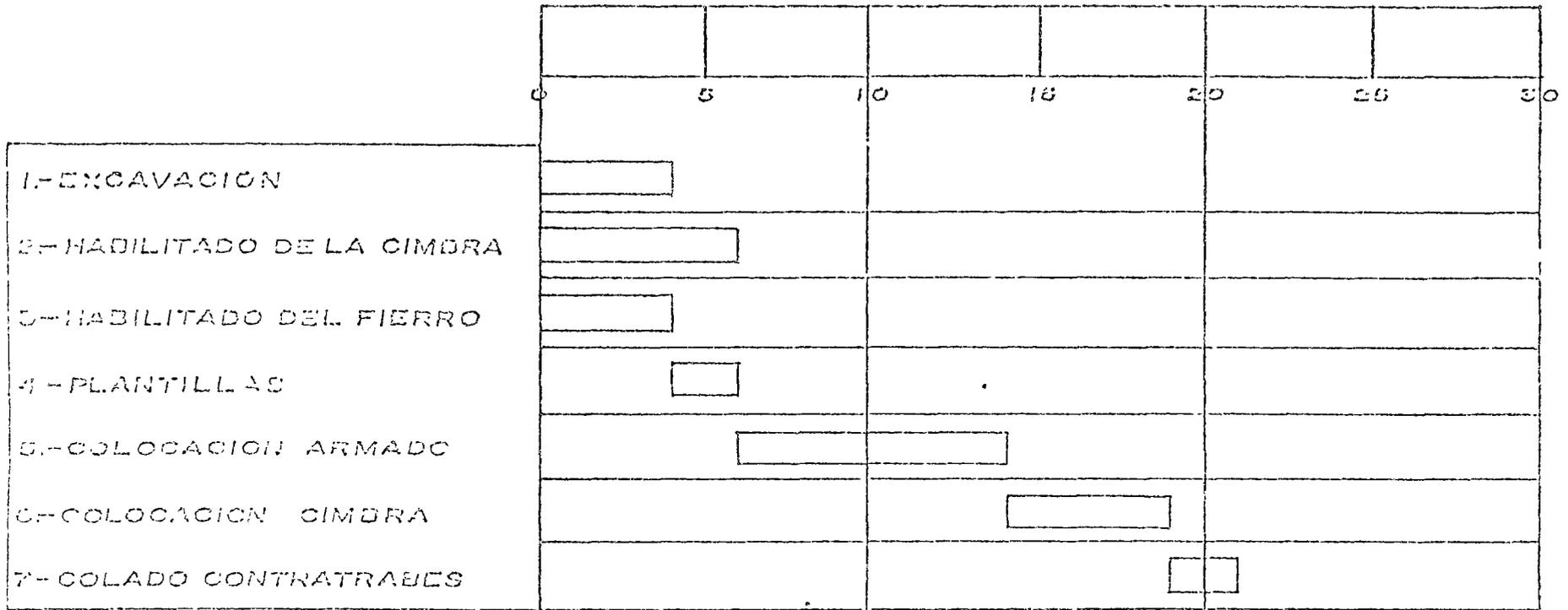


FIGURA N.º 3

OBSERVACIONES :

---



---



---

# PROGRAMA DE MATERIALES

CONCEPTO	UNIDAD	SEPTIEMBRE							OCTUBRE																	
		20	21	22	23	24	25	26	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
HOJAS DE TRIPLAY DE 122 x 2.44 DE 5/8" DE ES. PLSOR	PZAS. MT																									
ACERO DE REFUERZO DE	TON.																									
3/8"	TON.																									
1/2"	TON.																									
3/4"	TON.																									
ALAMBRO	TON.																									
1/4"	TON.																									
CEMENTO	TON.																									03
ARENA	M <sup>3</sup>																									113

OBSERVACIONES :



PROGRAMA DE PERSONAL DE OBRA

CATEGORIAS	SEPTIEMBRE					OCTUBRE															
	24	25	26	27	30	1	2	3	4	7	8	9	10	11	14	15	16	17	18	21	22
1- CARPINTERO (OFICIAL)	2	2	2	2	2	2									3	3	3	3	3		
2- CARPINTERO (AYUD.)	2	2	2	2	2	2									6	6	6	6	6		
3- FIERRERO (OFICIAL)	5	5	4	2			2	2	2	2	2	2	2	2							
4- FIERRERO (AYUD.)	10	10	8	4			6	6	6	6	6	6	6	6							
5- CABO	2	2	2	2	2	2														4	4
6- PEON	18	18	18	18	10	10														25	25
TOTAL HOMBRES	39	39	38	30	18	16	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	29	29

FIGURA N° 8

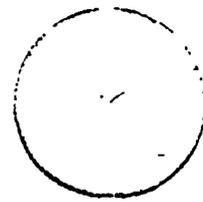
# PROGRAMA DE AVANCE

ACTIVIDAD	SEPTIEMBRE					OCTUBRE															
	24	25	26	27	30	1	2	3	4	7	8	9	10	11	14	15	16	17	18	21	22
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1.- EXCAVACION	1077	1077	1077	1077																	
	62,317																				
2.- HABIL. DE CEMENTO	1054	1054	1054	1054	1054	1054															
	20,030																				
3.- HABIL. DE FIERRO	1050	1050	1050	1050																	
4.- PLANTILLAS					1251	1251															
5.- COLOC. ARMADO							350	350	350	350	350	350	350	350							
6.- COLOC. CEMENTA															1857	1897	1897	1897	1897		
7.- COLADO CONTRAFORTES																					76750 / 76750
AVANCE DIARIO	110043	3181	3181	3181	2305	2305	350	350	350	350	350	350	350	350	1897	1897	1897	1897	1897	76750	76750
AVANCE SEMANAL	125 591					9 860					1 750					9 486					157 500
AVANCE ACUM.	125 591					135 251					137 001					146 487					503 987

OBSERVACIONES:



centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam



PROGRAMACION PRESUPUESTO Y CONTROL DE OBRAS.

TIEMPOS Y MOVIMIENTOS.

ING JOSE CASTRO ORVAÑANOS.

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

Objetivos: hacer análisis de todas las facetas de un proyecto o tarea, con objeto de hacer las cosas más baratas, fáciles, rápidas y seguras.

Trata de optimizar la efectividad de cada esfuerzo que se lleva a cabo.

Toma como premisas

1. " cada peso ahorrado: incrementa la ganancia o disminuye la pérdida"
2. "siempre hay una mejor manera de hacer las cosas, una óptima solución que no la estamos aplicando"

Ventajas:

1. Menor oportunidad de ignorar puntos importantes
2. Al analizar cada actividad en forma independiente de los problemas cotidianos, es posible descubrir mejorar la forma de realizarla.  
(Esto definitivamente no quiere decir que no sea necesario considerar en conjunto: el lugar de la obra, herramienta, mano de obra, equipo, etc.; en resumen las condiciones en que se está trabajando).

No se han usado en la construcción, a pesar la competencia inherente de esta actividad porque:

- a) "cada obra es diferente" (en comparación
- b) "el personal no es de planta" con la indus-
- c) "las actividades no son repetitivas" tria en general)
- d) "Las actividades duran poco"
- e) "La tendencia del constructor de responsabilizar al "maestro de obra" de la ejecución, dirección y selección de procedimientos, atribuyéndole una "genial habilidad" organizadora y planificadora.

Podría decirse que estas técnicas son indispensables de aplicar en la construcción, ya que en general un 75% a 85% de todas las actividades de una obra son de manejo y movimientos de materiales.

Su éxito depende en gran parte de la colaboración que para ello preste el personal, por lo que es aconsejable involucrarlo en su aplicación, motivarlo lo más posible y hacerlo participe en la toma de decisiones, incrementando su interés; por eso es de sumo cuidado no desanimarlo, ni que pierda su iniciativa e imaginación

en suma no menospreciar el "buen trato humano".

De hecho, la implantación de estas técnicas son, una verdadera "política de personal".

Se recomienda como un medio muy exitoso de involucrar al personal en la aplicación de estas técnicas, las reuniones informales de grupo, dirigidas por el encargado de estos estudios y con exhibición de material fotográfico, procurando la participación espontánea y sincera de los asistentes y explotando la máxima: "hágalo usted mismo". Los principales beneficios que se derivan de reuniones de este tipo son:

- 1) La creatividad e inventiva que generalmente se genera a través de la estimulación mutua, la aportación de la experiencia de los participantes y la crítica constructiva.
- 2) La "psicología de la participación": la gente se considera como autora del nuevo método desarrollado y conduce a la mayor cooperación y entusiasmo de los que intervendrán en la aplicación del nuevo plano.

Es común el uso ineficiente de la mano de obra. Fundamentalmente es debido a la mala o nula comunicación que se tiene con los obreros: las órdenes no son claras, específicas ni tampoco se indica la mejor manera de hacer las cosas.

Es necesario aplicar continuamente métodos de análisis para el mejoramiento de forma de realización de actividades, teniendo presentes las metas de: ahorro de dinero, tiempo y esfuerzo, tal como se hace en cualquier otro tipo de industria.

Para poder tratar de descubrir una mejor manera de realizar las cosas se necesita además de tener una mente abierta al cambio, un espíritu de creatividad y una posición contraria al conformismo, al tradicionalismo, a la timidez y a la suficiencia.

No se deben cambiar las formas de realización, sólo por cambiar sino por mejorar.

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, al futuro, etc.). La mejor forma de superarlo es el buen conocimiento y entendimiento de las cosas.

Observadores de la implantación de estas técnicas sostienen que los ahorros derivados de estos estudios suman conservadoramente de 4 a 8 veces el costo de su aplicación.

Es aconsejable que este tipo de estudios sean aplicados directamente por ingenieros jóvenes porque:

1. Aunque generalmente tienen poca experiencia, tienen la mente abierta al cambio y deseos de considerar y poder valorar las ideas y sugerencias nuevas.
2. Como los estudios son siempre supervisados por superintendente de obra y departamento de costos, es una excelente oportunidad para el ingeniero joven de tener a la mano un acervo de experiencia de problemas de obra y de costos.

Pasos para poder desarrollar estas técnicas.

1. Tener un récord de cómo se lleva a cabo el punto que se está estudiando, enmarcado en el marco general de la obra, a través de:
  - a) Observación visual
  - b) Estudios con cronómetro
  - c) Película con tomas a intervalos iguales (time-lapse photography)
  - d) Tomas con televisión (video tape)
2. Analizar cada detalle del presente método, usando:
  - a) Deliberación analítica
  - b) Diagrama de flujo de proceso (flow process chart)
  - c) Estudios de balance de cuadrillas (crew balance studies)
3. "Descubrimiento" de nuevos métodos, a través de:
  - a) Hacer las seis preguntas básicas para cada detalle:
    - QUE se propone (objetivo)
    - PORQUE se hace de esa manera
    - CUANDO es el mejor momento de realizarla
    - DONDE es el mejor lugar de 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, la herramienta, equipo y materiales usados, el flujo de los materiales y las condiciones de seguridad.
  - c) Sustener discusiones en mesas redondas con gente que par-

- 40
- icipa directamente en la ejecución de la obra.
- d) Solicitar ideas de gerentes, superintendentes, maestros de obra, etc.

#### 4. Desarrollar el mejor método

- a) Con un claro entendimiento del objetivo deseado, eliminando detalles no necesarios, reacomodando recursos para mejorar secuencias, simplificando procedimientos para hacer las cosas más fáciles y rápidas, consultando con quienes ejecutan el trabajo o les afecten los cambios que se proponen, usando mejores herramientas, equipo, instrumentos, materiales, etc.
- b) Escribir una versión detallada del nuevo método propuesto
- c) Llevar a cabo el nuevo método:
1. Vender el nuevo método al patrón, superintendente, ..., maestro y trabajadores.
  2. Una vez aceptado, ponerlo en práctica de inmediato.
  3. No dejar de poner atención en la ejecución del nuevo método, hasta que se aprendan todos los pequeños detalles.
  4. Dar crédito y reconocimiento a quien se lo merezca.

Estudios con cronómetro (las conclusiones de los estudios deben hacerse basados en los hechos observados y no en los "deducidos")

Ventajas. Los más baratos y más rápidos de realizar en el campo. Bueno 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 (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 separa dos actividades o ciclos. Esto puede ser grave cuando el estudio lo realiza más de un observador, cosa que es necesario en obras grandes. En este caso se incluye el problema de definir con precisión las variables interrelacionadas entre las actividades en observación durante los diferentes ciclos. Para anotar cada componente de una actividad

compuesta de 10 ciclos: hombres, máquinas, etc., se requerirá observar por lo menos 10 ciclos para determinar el ciclo completo; para tener validez los datos se necesitan de por lo menos 5 lecturas para cada componente por lo que deberán observarse 50 ciclos de trabajo y lo más probable es que el 50° ciclo sea francamente distinto al ciclo 1°, porque ya variaron las circunstancias.

c) El estudio se limita a lo estrictamente observado y éste en general es incompleto, especialmente lo relacionado a la interdependencia de todas las actividades. Ejemplo: de los tiempos registrados para la carga de una escrepa se vió que había mucha variación en las observaciones por lo que surgieron las siguientes posibilidades:

- 1) El empujador estaba en malas condiciones mecánicas, 2) a veces se sobre-cargaba la escrepa, 3) a veces se cargaba en condiciones desfavorables (con pendiente negativa), 4) Se escaba en un estrato de material duro y 5) la carga en ocasiones se hacía en la orilla de un corte o en una sección mojada, etc.

d) Limitaciones del observador: debido al volumen de información que se debe ir anotando en poco tiempo, es usual que el observador descuide su objetivo y precisión en los datos tomados. Para contrarrestar esto, es necesario 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 la situación que realmente se está llevando a cabo.

e) Al darse cuenta los obreros de la realización de este estudio, adoptan una posición negativa. Esto es debido a que los trabajadores sienten ser considerados como simples máquinas a quienes se trata de explotar al máximo, o puede ser con el objeto de bajar el monto de los destajos que se les están pagando.

ESTUDIOS CON FOTOGRAFÍAS TOMADAS A INTERVALOS CONSTANTES DE TIEMPO (TIME - LAPSE PHOTOGRAPHY).

#### Ventajas

- a) Relativamente barato: un rollo de 100 fts bueno para 3h 10 min con fotos cada 3 seg. (40 fotos/ft)
- b) Capaz de tomar nota de varias actividades de un gran número de componentes a la vez.
- c) Capaz de tomar nota de las inter-relaciones 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 de la sola visualización de la película.
- f) Las fotografías pueden servir también 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 no se les da la importancia que realmente tienen.
- h) Los datos observados son irrefutables: la Gente en ocasiones no quiere cambiar sus procedimientos usuales, 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 mismo mejoras importantes y con ello se vuelven colaboradores del sistema.
- i) Ayuda a usar la experiencia obtenida en distintas obras, en cualquier lugar que se presente algún problema.

Equipo: cámara de cine con selenoide, dispositivo para fijar la frecuencia de las fotografías (timer), fuente de energía y tripié.

Cuando las condiciones de luz son malas para la toma de fotografía, se deduce que las condiciones de seguridad y efectividad del trabajo son también malas.

Las fotografías deben tomarse en cuenta "lo más alto posible" para ampliar el campo visual y para no obtener muchas interferencias por cruces de personal.

Puede incluirse alguna información adicional en la fotografía como letreros, un reloj (para saber en qué parte del día se lleve el estudio, etc.)

Se aconseja abrir un poco más la lente de lo que marca el exposímetro con el objeto de no perder información de los trabajos que se efectúan en partes más oscuras o sombreadas.

Para hacer más completo el estudio es recomendable tomar fotografías de los lugares aledaños al lugar donde se hace el estudio específico.

Es recomendable también que se ponga una marca visible especial (por ejemplo en los sombreros) para los elementos de cada cuadrilla. Sirve incluso para mejor supervisión de la obra.

### Proyección de las fotografías

El proyector podrá variar la velocidad de proyección y tendrá un contador de exposiciones con el objeto de obtener los tiempos reales de ejecución de las actividades observadas.

El más elemental de estos proyectores sería un "editor de películas"

### Estudios con video-tape

Está apenas 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.

### Métodos de análisis.

Los sistemas de análisis gráficos constituyen un método de registro en sí y de comunicación.

Los más útiles y usados en construcción son los diagramas de:

- 1) Balace de cuadrillas (Crew balance chart) usado para mostrar las inter-relaciones entre el trabajo desarrollado por cada elemento de una cuadrilla y el equipo y herramienta usada. Es un conjunto de barras verticales que parte de un mismo origen, construídos a escala y expresados en % de tiempo del ciclo. Cada barra expresa la actividad de cada elemento (máquina u hombre), por lo que la inter-relación puede verse al comparar las actividades a lo largo de una horizontal, ya que cada barra se subdivide en las distintas actividades que realiza el elemento analizado, incluyendo el tiempo improductivo u ocioso. De su observación se desprende en muchos casos algún cambio en la manera de realizar las cosas o de integrar la cuadrilla. Es importante hacer notar que de aquí no se puede analizar la eficiencia o rendimiento de la gente o de las máquinas, solo el tiempo activo o inactivo.

Es importante tratar de tener siempre las cuadrillas balanceadas, porque cambiar las condiciones (entregas de material, nuevos o más elementos disponibles, más eficiencia individual de algunos trabajadores, etc.) y con ello desbalancear las cuadrillas.

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

## 2) Diagrama de flujo y tablas de actividades (flow diagram and process chart).

Para su elaboración se usa la simbología convenida por la ASME (American Society of Mechanical Engineers) que aparece a continuación

<u>Símbolos usados</u>	<u>Nombre</u>	<u>Resultados</u>
	Operación	Producción, generalmente las más costosas
	Transporte	Movimientos en construcción
	Inspección	Verificación, cheques
	Retardos	Interferencia, almacenamiento provisional
	Almacenamiento	

Los métodos mencionados antes son más útiles cuando se aplican simultáneamente y sin olvidar las 6 preguntas a las que antes hicimos alusión.

Qué, Porqué, Cuándo, Cómo, Dónde y Quién?

Técnicas para muestrear la actividad real (Nunca conducen a una valorización individual sino de grupo).

La efectividad de mano de obra se juzga generalmente por reportes de costo, pero allí no se juzgan efectos de supervisión, condiciones geológicas y climatológicas, uso de equipo, utilización real de la mano de obra y en ocasiones se llega a conclusiones falsas. Para solucionar esto se usan las:

Técnicas de muestreo de actividad real

Ventajas

1. Se realizan rápidamente y dan respuestas prontas
2. Llamam la atención en donde existe el ocio o baja productividad con oportunidad.

se basan en principios estadísticos de # de muestras, % de confiabilidad y límite de error.

reglas básicas para realizar estos estudios:

- a) Deben usarse contadores mecánicos: uno para personal "trabajando" y otro para personal observado.
- b) Debe tomarse en cuenta cada conteo a todo el personal (mínimo 90%) y de ser posible hacerse y reportarse por áreas de trabajo (donde resulte práctico).
- c) El contador no deberá hacer otro tipo de trabajo mientras desarrolla su conteo.
- 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 1/2 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 las mismas, mientras se hacen las observaciones.

Ejemplo de estas técnicas.

1. Indice de campo Su clasificación se basa en personal "trabajando" y "no trabajando"

$$\text{Indice de campo} = \frac{\text{No. de gente trabajando}}{\text{N. de gente Observada}} + 10$$

: generalmente es malo si el índice es 60 (con "restricciones")

2. Indice de utilización de trabajo: su clasificación de personal se basa en:

- 1. trabajo efectivo (E) está realizando una actividad pagada directamente por un precio unitario; ejemplo: excavación.
- 2. Trabajo de contribución (C) está realizando una actividad pagada indirectamente, ejemplo: poner andamios, acarreando material, etc.

3. Trabajo inefectivo: demolición por error,..., no trabajando (I)

$$\text{Índice de utilización} = \frac{E + 1/4 C}{\Sigma (E+C+I)}$$

3. Otro método: Método de los "5 minutos" mínimo tiempo de observación = 5 minutos ó 1 minuto x trabajador: aconsejable 4 observaciones 2 antes de la comida y 2 después
1. Dar un orden de magnitud de las demoras o tiempos perdidos
  2. Medir la efectividad de una cuadrilla y sugerir mejoras
  3. Denota 2 tipos de demoras:
    1. las que impiden el progreso
    2. las que no impiden el progreso de la obra

Forma de hacerse en el campo:

	CARPINTERO	AYUDANTE	HERRERO	AYUDANTE	SOLDADOR		PEON 1	PEON 2
10:22	X	X				=		X
10:24	X	X	X	X	X	=	X	X
10:26			X	X	X	=	X	X
						=		
						=		
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>		M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>		M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>

Efectividad =  $\frac{\text{tiempo no ocioso}}{\text{unidades de tiempo de nombres observados}}$  =  $\frac{M_1 + M_2 + \dots + M_n}{n \cdot m}$

Las variaciones de estos índices son los que generalmente dan el toque de atención, y con limitaciones, los índices standard.

Fig 1 Método original

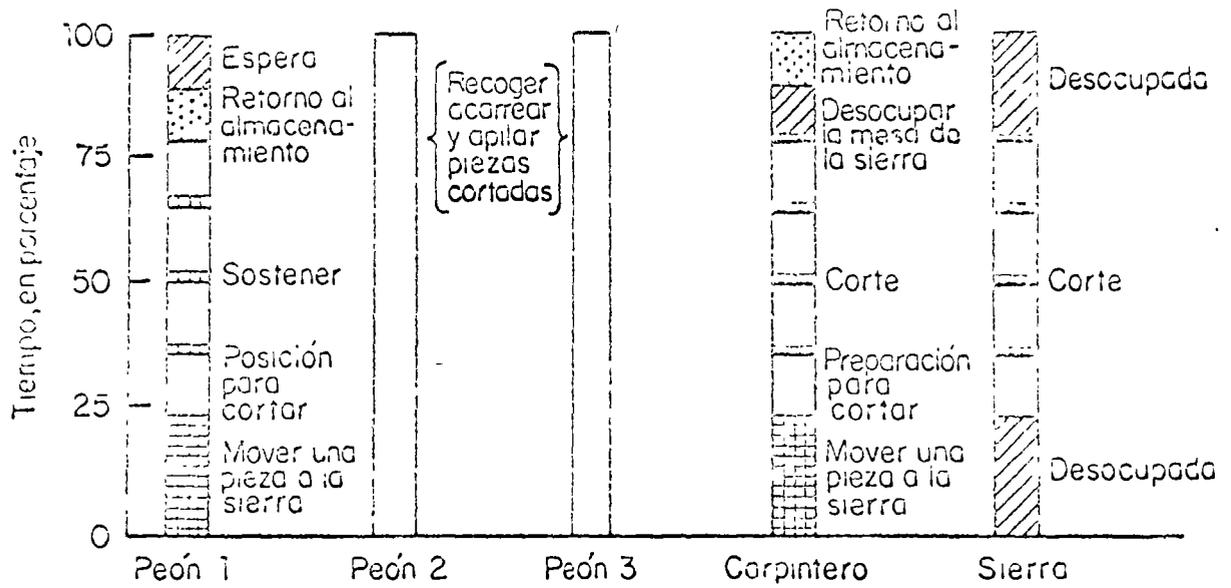


Diagrama de balance de recursos

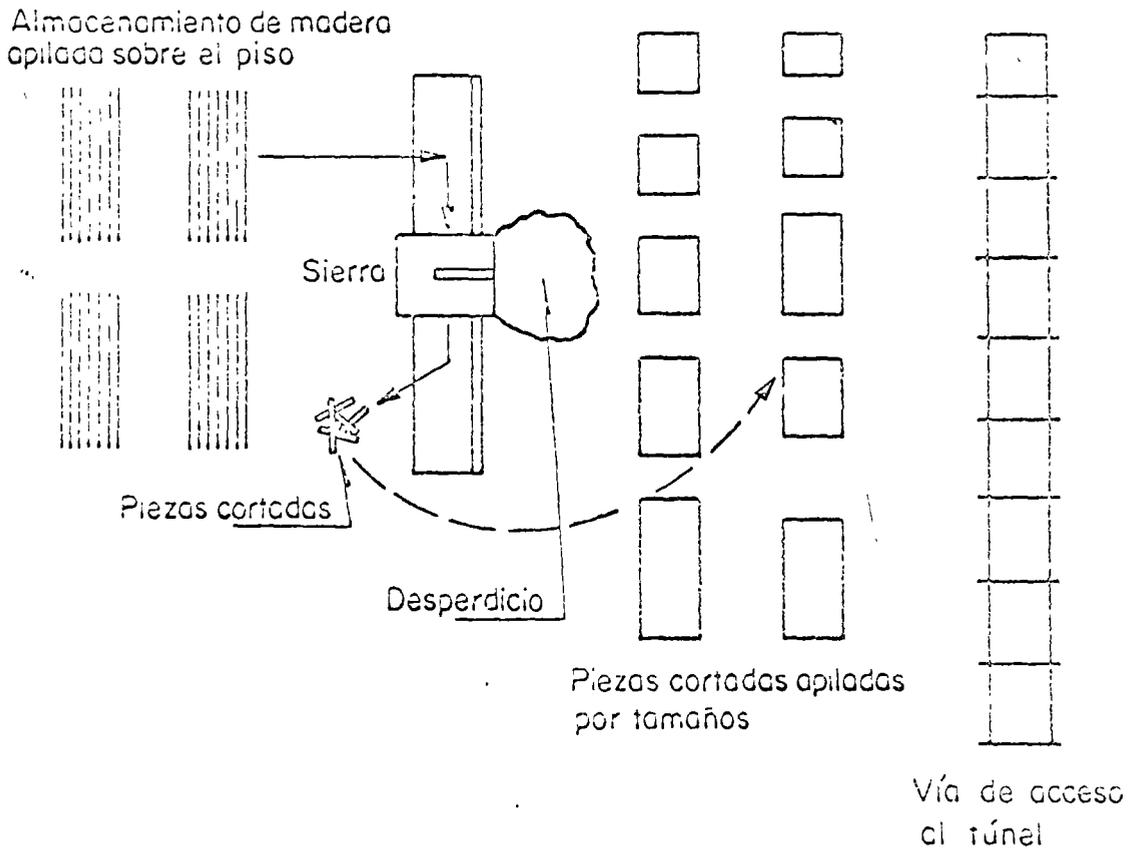


Diagrama de flujo

Fig 2 Método propuesto (alternativa A)

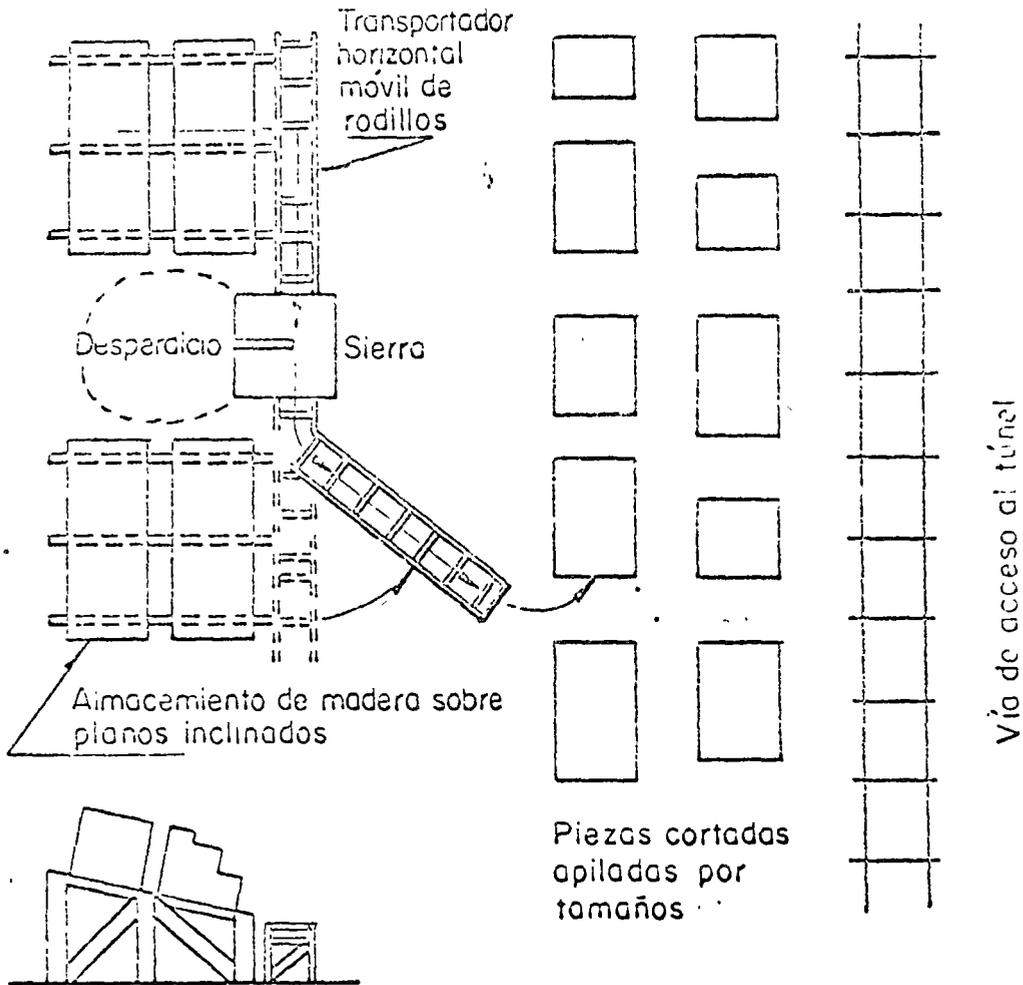


Diagrama de flujo

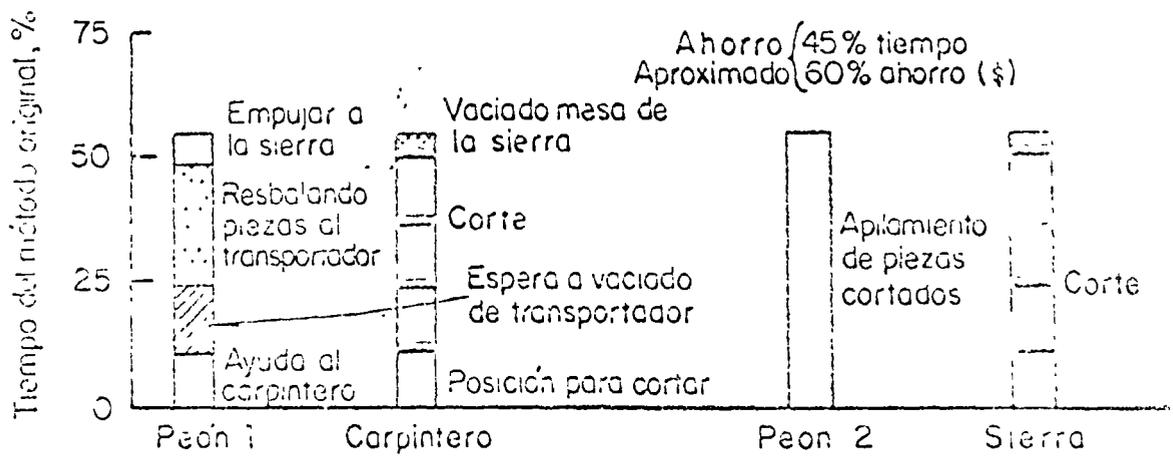
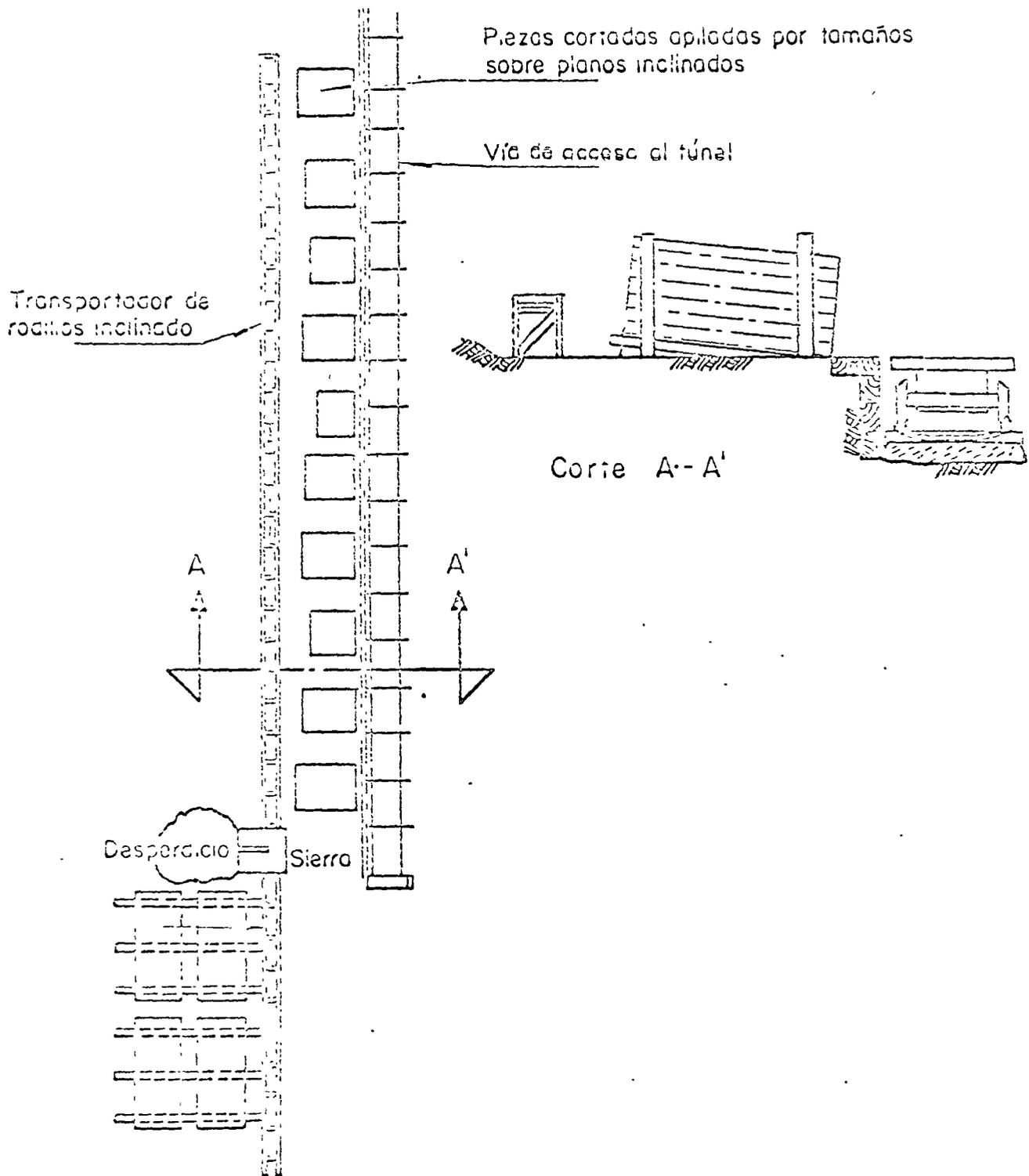


Diagrama de balance de recursos

Fig 3 Método propuesto (alternativa B)

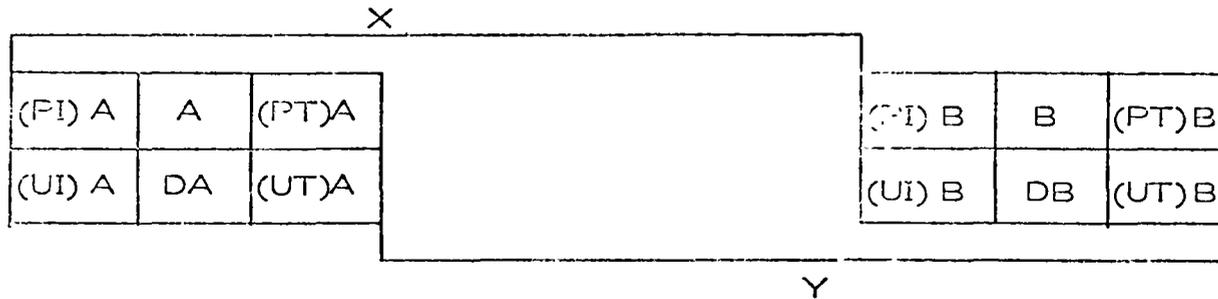


## Diagrama de flujo

- ▽ Madera almacenada en planos inclinados
- Llevar la madera a la sierra sobre rodillos
- Corte de madera
- ∩ Almacenamiento provisional
- ⇒ Llevar madera a la zona de embarque para ser trasladada al interior del túnel
- Apilamiento de madera cortada
- ▽ Almacenamiento de madera cortada



RELACION PRINCIPIO-PRINCIPIO, FIN - FIN

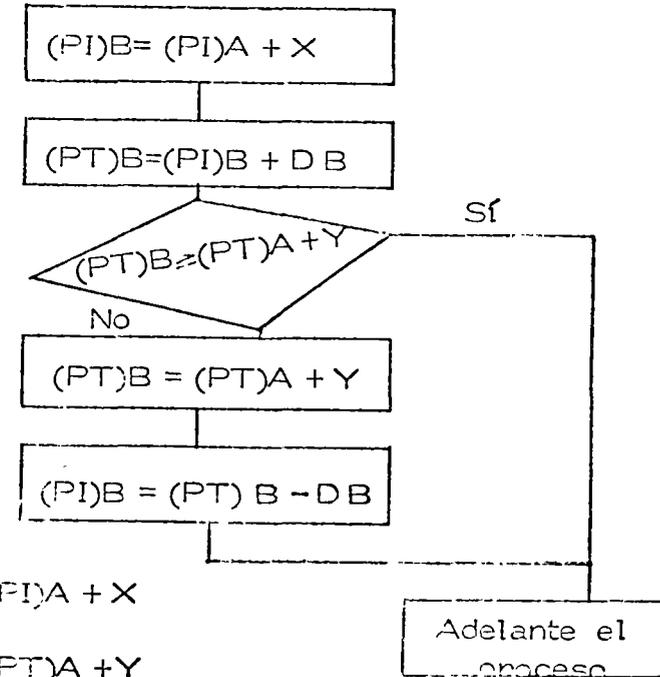


Nomenclatura

- (PI) A Primera fecha inicio actividad A
- (PT) A Primera fecha terminación actividad A
- A Actividad A
- DA Duración actividad A
- (UI) A Ultima fecha inicio actividad A
- (UT) A Ultima fecha terminación actividad A
- (PI) B Primera fecha inicio actividad B
- (PT) B Primera fecha terminación actividad B
- B Actividad B
- DB Duración actividad B
- (UI) B Ultima fecha inicio actividad B
- (UT) B Ultima fecha terminación actividad B

Significado

- B no puede empezar antes que  $(PI)A + X \therefore (PI) B \geq (PI)A + X$
- B no puede terminar antes que  $(PT)A + Y \therefore (PT) B \geq (PT)A + Y$





Handwritten text at the top of the page, possibly a title or header.

Handwritten text in the upper left quadrant, possibly a date or reference number.

Handwritten text in the upper right quadrant, possibly a name or address.

Large block of handwritten text in the lower left quadrant, possibly a list or detailed notes.

Large block of handwritten text in the lower right quadrant, possibly a list or detailed notes.

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS ( DEL 22 DE SEPTIEMBRE AL 20 DE OCTUBRE DE 1975 )

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
1. ING. FERNANDO ALCARAZ GALVAN José Ma. Vigil No. 16 Col. Tacubaya México 16, D. F. Tel: 5-16-94-08	COMISION CONSTRUCTORA E INGENIERIA SANITARIA DE LA S. S. A. Durango No. 81-2do. Piso Col. Roma México 7, D. F. Tel: 5-14-34-13
2. ING. RODOLFO ALDAPE CARBAJAL Londres 169 Coyoacán México 21, D. F. Tel: 5-54-44-07	CONSTRUCTORA GYS, S.A. Fragua No. 4-1 México 4, D. F. Tel: 5-66-35-88
3. ING. JOAQUIN R. ALEGRE PIELAGO Xochicalco No. 438-6 Col. Narvarte México 12, D. F.	
4. ING. ERNESTO ANGELES MAYA 16 de septiembre No. 130 Col. Pastores México 16, D. F. Tel: 5-61-32-40	CONSTRUCTORA SOFRE, S.A. México, D. F.
5. ING. ANDRES ARANDA BALTAZAR Av. 485 No. 86 San Juan de Aragón México 13, D. F. Tel: 5-51-37-43	UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA Av. San Pablo s/n Azcapotzalco México, D. F. Tel: 5-61-96-88
6. ING. JOSEFINA P. BECERRIL A. Edif. 21-13 Depto. 406 Loma Hermosa México 10, D. F. Tel: 5-57-58-82	INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO Av. de los Cien Metros No. 152 México, D. F. Tel: 5-67-66-00 Ext. 2392
7. ARQ. GUILLERMO CAMPOS PEREZ México, D. F.	CONSTRUCTORA SOFRE, S. A. México, D. F.
8. ING. JUAN A. CORTES MACIAS México, D. F.	CONSTRUCTORA BALLESTEROS, S.A. Culiacán No. 108 Col. Condesa México 11, D. F. Tel: 5-64-85-00

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS ( DEL 22 DE SEPTIEMBRE AL 20 DE OCTUBRE DE 1975 )

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
9. ING. GUILLERMO CORTES PALMA Sánchez Azcona No. 547 Depto. 3 Col. del Valle México 12, D. F. Tel: 5-43-14-71	COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO DE LA SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS Balderas No. 55 México, D. F. Tel: 5-85-50-66 Ext. 408
10. ING. CRUZ ALEJANDRO CRUZ HERNANDEZ Torres de Mixcoac Edif. A-13 Depto. 404 Col. Merced Gómez México 19, D. F. Tel: 5-93-67-12	INSTITUTO DEL FONDO NACIONAL DE LA VIVIENDA PARA LOS TRABAJADORES Barranca del Muerto 280 Col. Guadalupe Inn. México 20, D. F. Tel: 5-24-52-33
11. ING. HUMBERTO DIAZ ELIAS Retorno 42 No. 5 Col. Jardín Balbuena México 9, D. F.	UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA San Pablo s/n Azcapotzalco México, D. F. Tel: 5-61-94-00
12. ING. JORGE DIAZ SILVA México, D. F.	PETROLEOS MEXICANOS Av. Marina Nacional No. 329 México, D. F.
13. ING. AGUSTIN DOMINGUEZ Z. Cerrada Perpetua No. 25-1 San José Insurgentes México 19, D. F. Tel: 5-24-01-70	DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL Sevilla Metro Av. Chapultepec No. 466-1 Col. Condesa México 11, D. F. Tel: 5-53-23-43
14. ING. LUIS A. GALLARDO PRECIADO Gutiérrez Najera No. 307 Col. Tránsito México 8, D. F. Tel: 7-68-18-44	DESARROLLO DE RECURSOS NATURALES, S.A. Minería No. 145 Col. Escandón México 18, D. F. Tel: 5-16-04-60
15. ING. GERMAN GARCIA VALDEZ Economistas No. 128 Cd. Satélite Edo. de México	PETROLEOS MEXICANOS Av. Marina Nacional No. 329 México 17, D. F. Tel: 5-31-61-49

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE PROGRAMACION Y CONTROL DE  
OBRAS ( DEL 22 DE SEPTIEMBRE AL 20 DE OCTUBRE DE 1975 )

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
16. ING. JOSE G. GASCA ESPITIA M-304 Lote 54 Ciudad Azteca México, D. F.	COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD Ródano No. 14 México, D. F. Tel: 5-53-71-33 Ext. 2138
17. ING. BALTAZAR GARZA ROSALES Fernando Montes de Oca No.96-4 Col. Condesa México 11, D. F.	CONSTRUCCIONES URBANAS NACIONALES, S.A. Av. Amsterdam 124-203 Col. Condesa México 11, D. F. Tel: 5-53-48-24
18. ING. RAMON GARRIDO RODRIGUEZ México, D. F.	PETROLEOS MEXICANOS Av. Marina Nacional No. 329 México, D. F.
19. ING. BENJAMIN GONZALEZ HERNANDEZ New York No. 33-13 Depto.221 Col. Nápoles México 18, D. F. Tel: 5-36-57-58	CONTROL Y TECNOLOGIA, S. A. Blvd. López Mateos No. 92 San Angel México 19, D. F. Tel: 5-93-58-49
20. ARQ. LUIS C. HINOJOSA DE LEON Fut-Bol 86-3 Country Club Churubusco México 21, D. F. Tel: 5-44-64-42	
21. ING. JUAN F. HEREDIA QUEVEDO Concepción Beistegui 1459 Col. del Valle México 12, D. F. Tel: 5-43-97-48	CONSTRUCTORA PLANIFICACION Y URBA- NISMO, S. A. Plaza Miravalle No. 2-12o. Piso Col. Roma México 7, D. F. Tel: 5-33-23-36
22. ING. PEDRO E. LANDEROS SANCHEZ Augusto Rodín 169-412 Col. Nochebuena México 18, D. F. Tel: 5-98-11-11	MEXICANA DE COBRE, S. A. Insurgentes Sur 1991-4o. Piso Col. Guadalupe Insurgentes México 20, D. F. Tel: 5-48-10-22

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS ( DEL 22 DE SEPTIEMBRE AL 20 DE OCTUBRE DE 1975 )

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
23. ING. ISAIAS LOPEZ SANTOS Calle El Mayorazgo No. 8 Villa Coapa México 22, D. F. Tel: 5-94-36-41	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Xola y Av. Universidad México, D. F. Tel: 5-30-33-23
24. ING. JOSE A. MARIN GARCIA Priv. Jaime Nuno No. 27-2 Sta. María la Redonda México 2, D. F.	COCONAL, S. A. Alce Blanco No. 42 Naucalpan, Edo. de México Tel: 5-76-08-22 Ext. 42
25. ING. SALVADOR MEDINA RIVERO Av. Revolución No. 314-403-B Col. Tacubaya México 18, D. F.	CENTRO DE EDUCACION CONTINUA Tacuba No. 5-1er. Piso México 1, D. F. Tel: 5-21-73-35
26. ING. LUIS A. MONDRAGON PEDRERO Calle Diez No. 8 San Pedro de los Pinos México 18, D. F. Tel: 5-16-43-90	MEXICANA DE COBRE, S. A. Insurgentes Sur 1991-9o. Piso Col. Guadalupe Insurgentes México 20, D. F. Tel: 5-48-10-22
27. SR. FERNANDO MONROY URBINA Insurgentes Sur 4411 Edif.22-403 Tlacolegia México 22, D. F. Tel: 5-73-06-19	INSTITUTO DE ACCION URBANA E INTREGACION SOCIAL Parque de Orizaba No. 7-10o. Piso Col. del Parque México, D. F.
28. ARQ. EDUARDO NAVA HERNANDEZ México, D. F.	COBAL Durango No. 225 Col. Roma México 7, D. F. Tel: 5-11-05-97
29. ARQ. JAIME H. NENCLARES GARCIA México, D. F.	
30. SR. RENAN RUBEN NOE MURILLO P. Caleta 538 Col. Marte México 13, D. F. Tel: 5-79-44-48	EDILTECNO DE MEXICO, S.A. Av. de las Palmas Lomas de Chapultepec México, D. F.

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS ( DEL 22 DE SEPTIEMBRE AL 20 DE OCTUBRE DE 1975 )

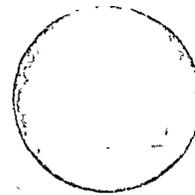
<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
31. ING. M. HUMBERTO PAYNO FUENTES López Cotilla No. 864 Col. del Valle México 12, D. F. Tel: 5-23-40-38	PETROLEOS MEXICANOS Av. Marina Nacional No. 329 México, D. F. Tel: 5-31-96-65
32. ING. HUMBERTO PEREZ LOPEZ Centenario No. 34 Col. Independencia México 13, D. F. Tel: 5-32-18-84	CONSTRUCTORA BALLESTEROS, S.A. Culiacán No. 108 Col. Condesa México 11, D. F. Tel: 5-64-85-00
33. ING. J. ANTONIO RISQUEZ ESPAÑA Rio Churubusco No. 89 Unidad Modelo México 13, D. F. Tel: 5-81-37-94	OBRAS URBANAS E INGENIERIA, S. A. Torres de Mixcoac Edif. "A" 12 No.204 Mixcoac México, D. F. Tel: 5-93-24-61
34. ING. JOSE DE JESUS RUIZ PEÑA Calle Durango No. 89 Valle Ceylan Tlalnepantla Edo. de México Tel: 3-90-13-07	INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO Ave. de los Cien Metros No. 152 Col. Industrial Vallejo México 14, D. F. Tel: 5-67-66-00
35. ARQ. J. GABRIEL SANCHEZ SEGUR Arequipa No. 791 Col. Lindavista México 14, D.F. Tel: 5-77-68-02	CONSTRUCCIONES, CONDUCCIONES Y PAVI- MENTOS, S. A. Minería No. 145 Col. Escandón México 18, D. F. Tel: 5-16-04-60 Ext. 247
36. ING. ALBERTO SOSA DIAZ Avestruz No. 15 Fracc. Las Arboledas Edo. de México Tel: 5-65-19-78	CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A. Melchor Ocampo No. 171 México 17, D. F. Tel: 5-18-00-80 Ext. 213
37. ING. ALFONSO VALENCIA PEREZ Lomas de Plateros Edif. F-44 Depto. 2 México 19, D. F. Tel: 6-510-517	COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXI- CO DE LA SECRETARIA DE RECURSOS HI- DRAULICOS Balderas No. 55 México, D. F. Tel: 5-85-50-66 Ext.408

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS ( DEL 22 DE SEPTIEMBRE AL 20 DE OCTUBRE DE 1975 )

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
38. ARQ. ENRIQUE VELAZQUEZ JAUREGUI Santander No. 15 Col. Insurgentes Mixcoac México 19, D. F. Tel: 5-63-81-41	INSTITUTO DEL FONDO NACIONAL DE LA VIVIENDA PARA LOS TRABAJADORES Barranca del Muerto y Félix Parra Col. Guadalupe Inn. México, D. F. Tel: 5-24-11-78
39. ING. JESUS A. VIVERO SANTOS México, D. F.	BUFETE INDUSTRIAL DISEÑOS Y PROYECTOS, S.A. México, D. F.
40. ING. GUILLERMO ZAVALA JARAMILLO Calle 2 No. 44 Col. Independencia México 13, D. F. Tel: 5-32-01-05	PROGRAMA ECHEVERRIA Ave. Toluca Lomas San Angelin México, D. F.



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



DIRECTORIO DE PROFESORES DEL CURSO PROGRAMACION  
Y CONTROL DE OBRAS

M. EN C. JOSE CASTRO ORVAÑANOS  
PROFESOR INVESTIGADOR  
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA  
AZCAPOTZALCO, MEXICO, D.F.

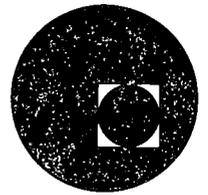
ING. GABRIEL MOLINA EGUILIS  
GERENCIA NUEVO LEON  
GERENTE DE CONSTRUCCION  
CULIACAN 108-4º  
MEXICO, D.F.

ING. CARLOS NAVES GONZALEZ  
GERENCIA DE CONSTRUCCION INFONAVIT  
GERENTE DE CONSTRUCCION  
CONSTRUCTORA BALLESTEROS  
CULIACAN 108-3º  
MEXICO, D.F.





centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam



PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS

ING. JOSE CASTRO ORVAÑANOS



Technique de l'ingénierie  
Bureau des études et de la  
recherche

1960-1961

Library of the  
Department of  
Engineering

Si el estudio se hubiese hecho a  $\frac{1}{2}$  del basamento.  
 20 cm (hacer, estudiar, nueva solución etc), a partir de  
 la planta baja se habría terminado.

$$100 \text{ trabes/planta tipo} \times 4 + 35 = 615 \text{ trabes}$$

$$\times 146.15 \text{ min/trabe} = 89,888 \text{ min}$$

$$\div 50 \text{ min} = 1,798 \text{ hor.}$$

$$\div (8 \times 25) = \underline{\underline{9 \text{ meses}}}$$

Con nuevos recursos

$$\frac{\text{Ciclo nuevo}}{\text{Ciclo viejo}} = \frac{40}{146.16} = 27\%$$

Nueva Duración  $9 \text{ meses} \times 0.27 = \underline{\underline{2.5 \text{ meses}}}$

Ahorro:  $6.5 \text{ meses} \times \$80,000/\text{mes.} = 520,000$

- Inversión  $\$ 20,000$   
 (gato, planos, etc)  $\frac{20,000}{2}$

\\$500,000

Más lo que representa el costo indirecto.

PROPOSICIONES PARA MEJORAR EL SISTEMA DE MONTAJE

- a) Colocar escaleras para subir a la trabe (una en cada extremo)
- b) Tener juegos de herramienta independientes en cada extremo.
- c) Tener habilitada madera, lista para utilizarse como puntales y cuñas en cada extremo.
- d) Utilización de gatos hidráulicos y mecánicos para pequeños movimientos de la trabe.

Lo que representó el nuevo método establecido para los 3 últimos niveles.

Ahorro en tiempo:

$$180 \text{ traves/planta} \times 3 = 540 \text{ traves}$$

$$\times 146.15 = 78,921 \text{ min}$$

$$\div 50 \text{ min} = 1,578 \text{ horas}$$

$$\div (8 \times 25) = 7.89 \text{ meses}$$

$$\text{Nueva duración: } 0.27 \times 8 = 2.16 \text{ meses}$$

$$\text{Ahorro } 6 \text{ meses} = \begin{array}{r} \$ 510,000 \\ - 80,000 \text{ (} \frac{1}{2} \text{ mes)} \end{array}$$

$$\hline = \$ 430,000$$

CARTA DE PROCESAMIENTO, UTILIZANDO HERRAMIENTA ADECUADA

<u>EVEN TO</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>TIEMPO (MIN.)</u>
D <sub>1</sub>	Camión con trabe esperando entrar a la obra.	37.29
→ <sub>1</sub>	Entrada y colocación del camión.	2.71
○ <sub>1</sub>	Sujetar estrobos a la trabe.	3.53
○ <sub>2</sub>	Tensar estrobos por la grua.	0.75
○ <sub>3</sub>	Liberar trabe de los arneses del camión.	8.03
→ <sub>2</sub>	Levantar la trabe.	1.56
→ <sub>3</sub>	Girar la trabe.	2.40
→ <sub>4</sub>	Descenso de la trabe.	4.18
○ <sub>4</sub>	Maniobras para nivelar la trabe.	13.84
○ <sub>5</sub>	Destensar estrobos, por la grua.	1.00
○ <sub>6</sub>	Quitar estrobos.	2.00
▽ <sub>1</sub>	Trabe lista para ser soldada.	
T O T A L =		72.29 min.

Tiempo Efectivo (Sin D<sub>1</sub>) = 40 min.

DIAGRAMA  
DE  
BALANCE  
DE CUADRILLAS  
REAL

(Handwritten)

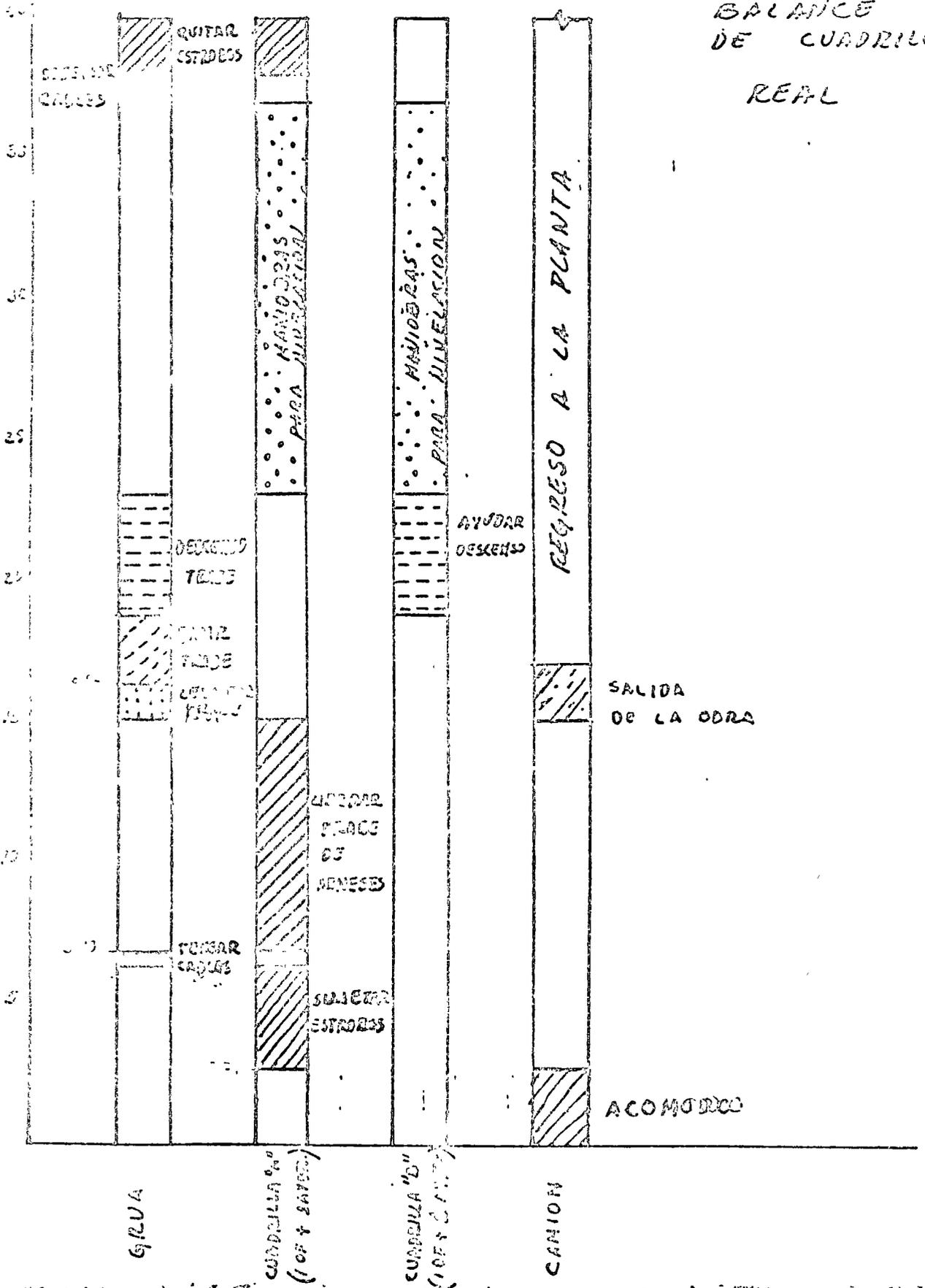
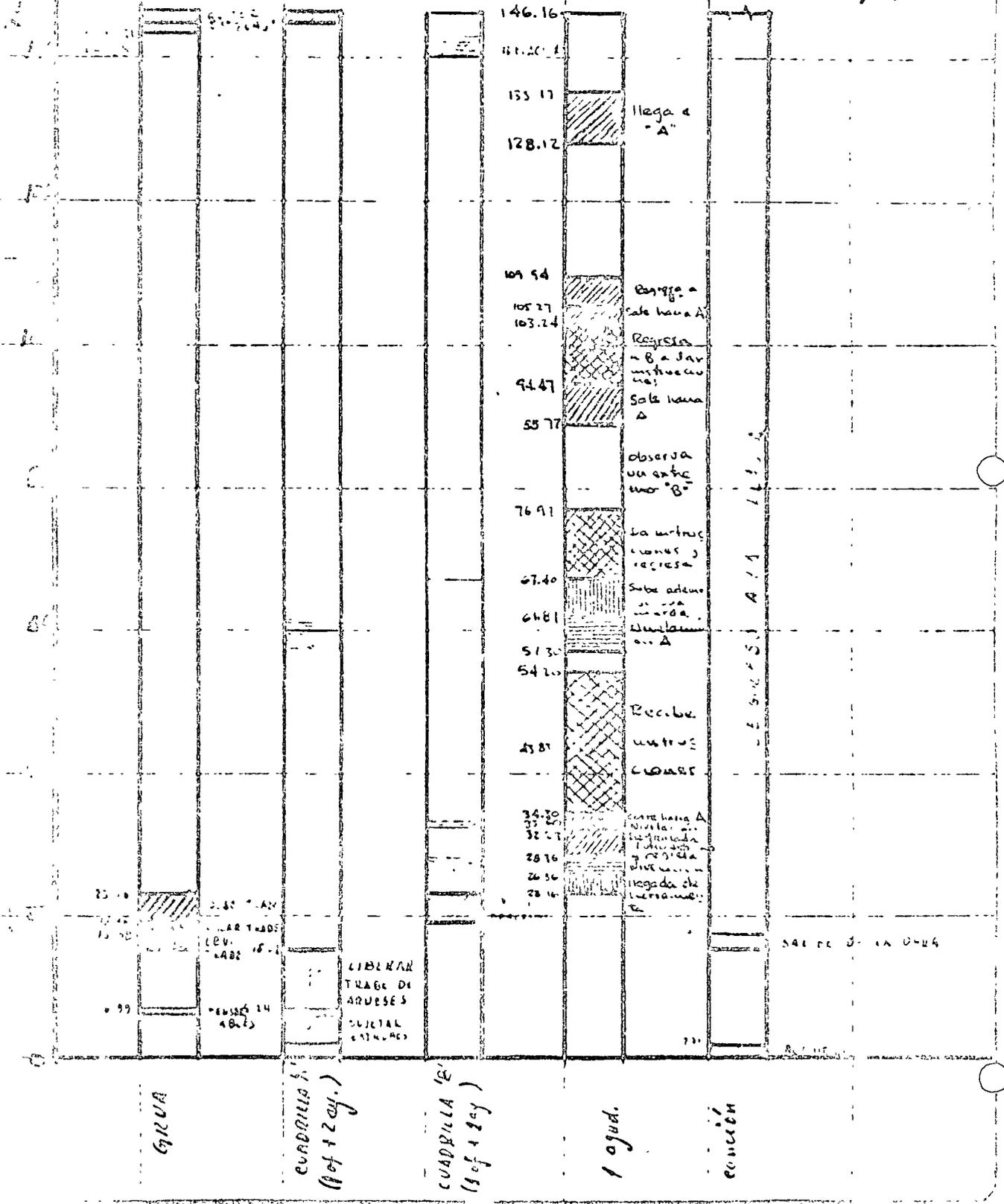


DIAGRAMA  
DE  
BALANCE  
DE CUADRILLAS  
ORIGINAL

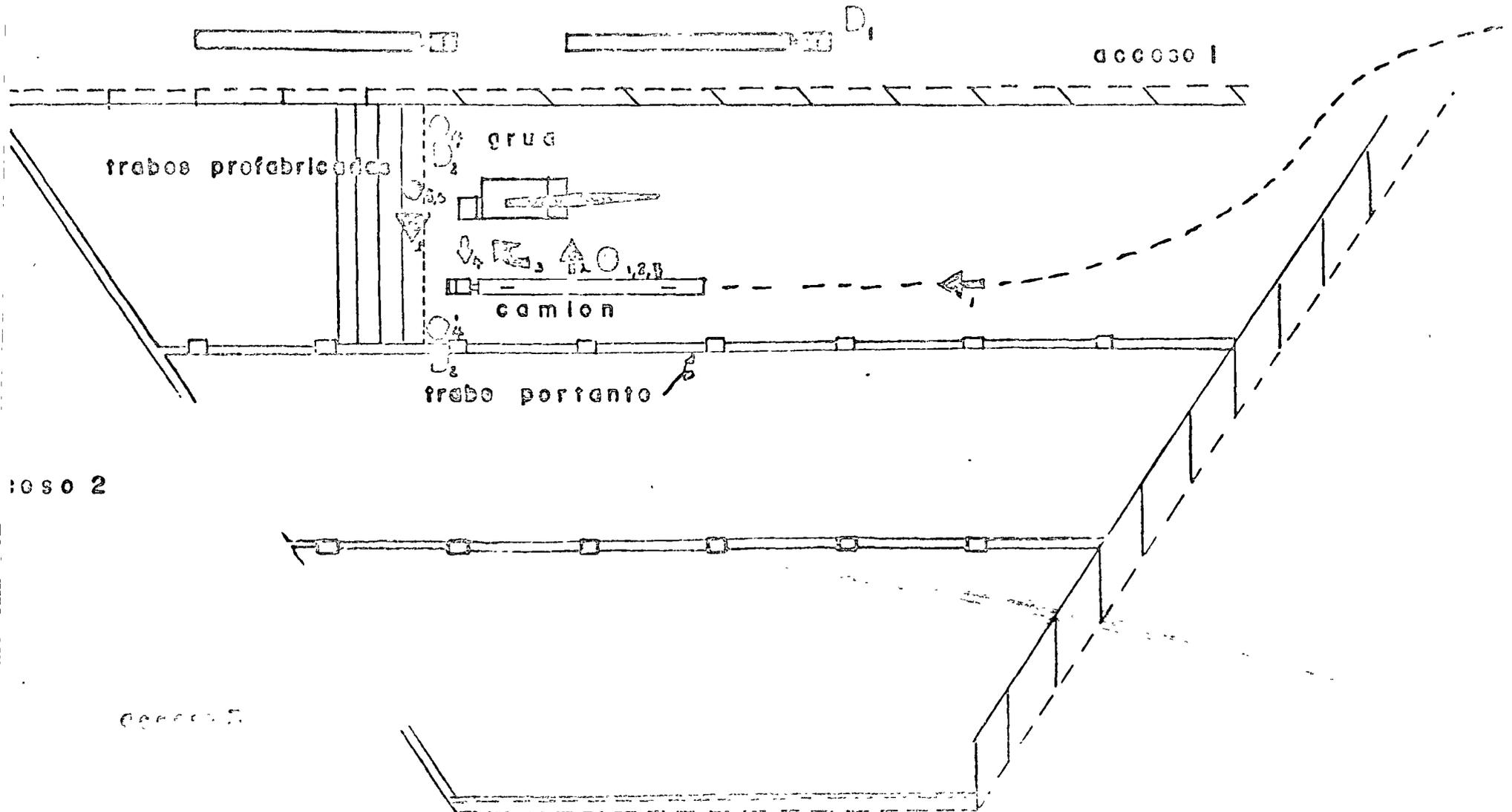


CARTA DE PROCESAMIENTO ORIGINAL PARA EL MONTAJE DE UNA TRABE.

<u>EVENTO</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>TIEMPO (MIN.)</u>
D <sub>1</sub>	Camión con trabe esperando entrar a la obra.	143.45
E <sub>1</sub>	Entrada y colocación del camión.	2.71
U <sub>1</sub>	Sujetar estrobos a la trabe.	3.53
O <sub>2</sub>	Tensar estrobos por la grua.	0.75
O <sub>3</sub>	Liberar trabe de los arneses - del camión.	8.03
E <sub>2</sub>	Levantar la trabe.	1.56
E <sub>3</sub>	Girar la trabe.	2.40
E <sub>4</sub>	Descenso de la trabe.	4.18
O <sub>4</sub> , D <sub>2</sub>	Maniobras para nivelar la trabe.	120.00
O <sub>5</sub>	Destensar estrobos, por la grua.	1.00
O <sub>6</sub>	Quitar estrobos .	2.00
V <sub>1</sub>	Trabe lista para ser soldada.	
T O T A L =		289.61 min.

Tiempo Efectivo (Sin D<sub>1</sub> ) = 146.16 min.

# DIAGRAMA DE FLUJO



... haber por tanto, también en  
... de 11 días de trabajo por el  
... lugar de enjuiciar en 19 días se enjuicia  
... en lo triple del tiempo, se desahucian  
... madera para fonda de haber por el  
... y de esa manera, envenenamos la...

... los respectos a la mayoría...  
... y seguir entiendo básicamente...  
... original. (Totalmente 18...)



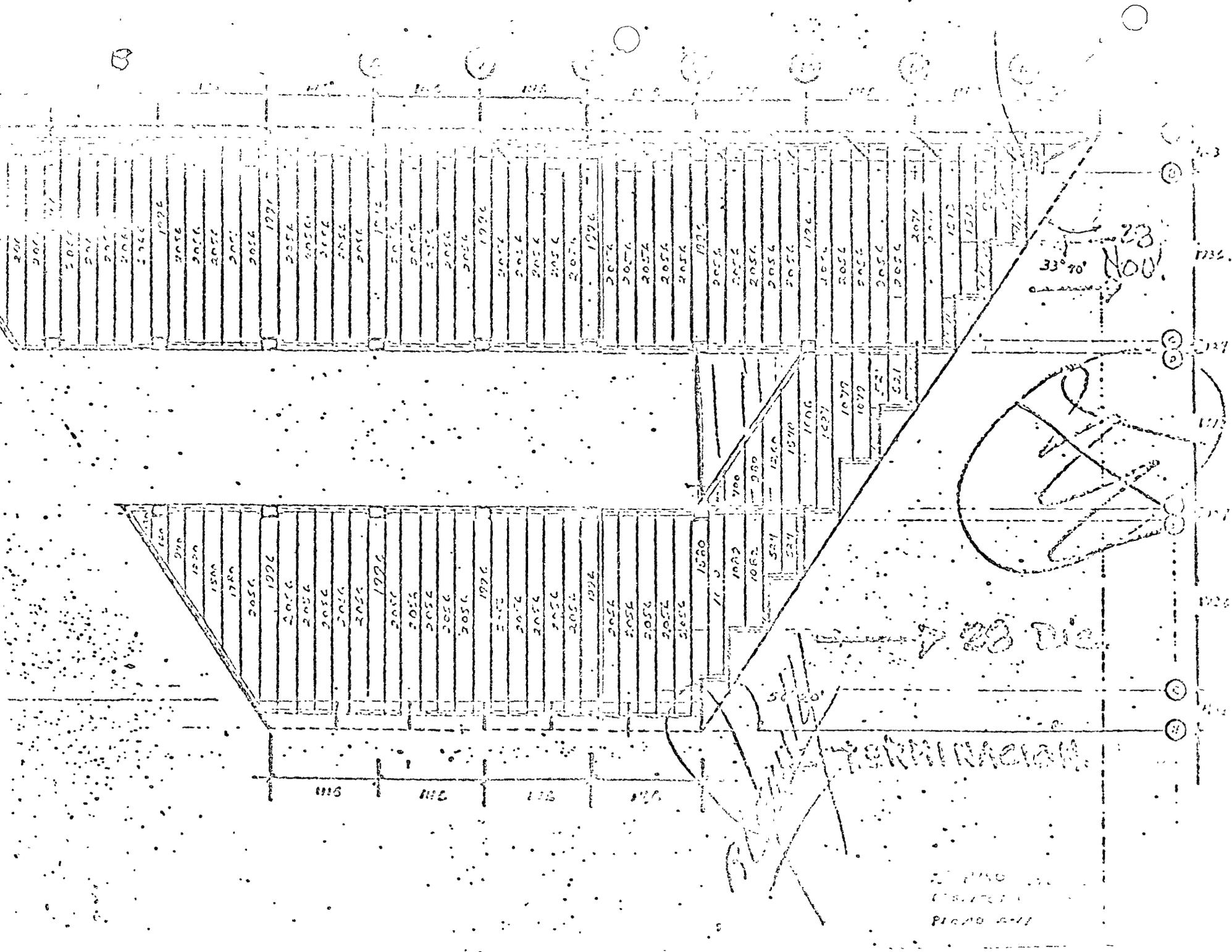
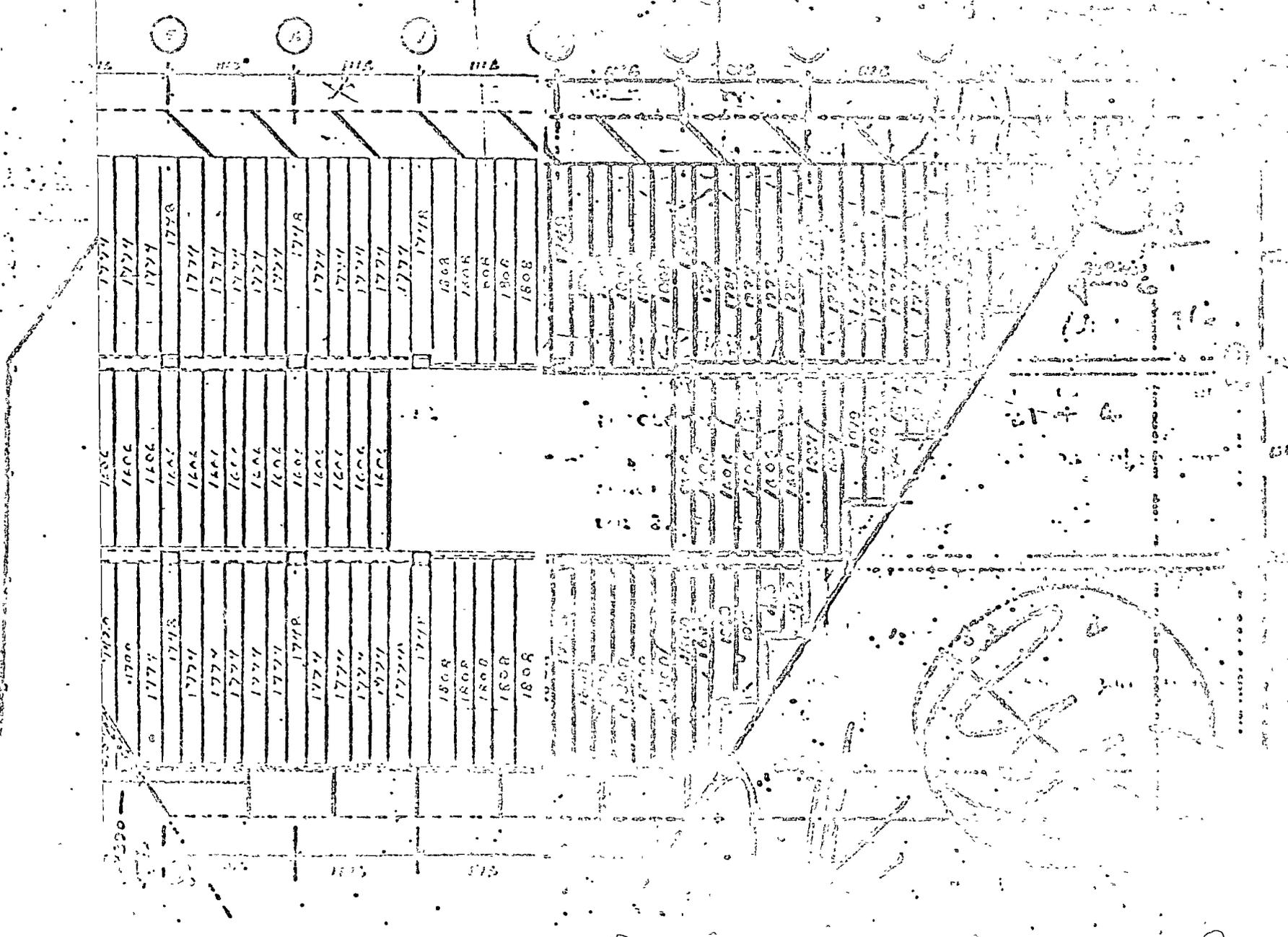


Photo from logs



18