

Programación y Control de Obras

Curso Básico:

- Al terminar el curso los alumnos estarán en capacidad de enunciar, diferenciar y aplicar los Conceptos Generales de: Planeamiento Programación y Control de Obras y/o proyectos

SESION I: INTRODUCCIÓN

Objetivo: Introducción a los conceptos generales, sobre planeamiento, programación y control de obras.

- Conceptos generales de planeamiento
- Programación y control; planificación
- Concepto de costos directos y costos indirectos.

PLANEAMIENTO

- Planeamiento es la acción y efecto de planear.
- Planear es imaginar, proyectar, organizar conforme a un plan pre establecido para lograr un objetivo.

PROGRAMACIÓN Y CONTROL; PLANIFICACIÓN

- La Planificación consiste en establecer programas con indicación de objetivos así como definir las diferentes etapas que lo conforman, con la finalidad de llegar a la meta trazada,
- para ello es necesario establecer el control correspondiente en cada etapa del plan y programas propuestos.

CONCEPTO DE COSTOS

DIRECTOS

- El costo directo es la sumatoria de los costos de materiales, mano de obra (incluyendo leyes sociales), equipos, herramientas y todos los elementos requeridos para la buena ejecución de la obra.
- Estructuralmente es costo directo es el resultado de la multiplicación de los metrados por los costos unitarios.

CONCEPTO DE COSTOS

INDIRECTOS

- Definición: los Costos Indirectos son todos aquellos costos que no pueden aplicarse a una partida específica, pero si tienen incidencia sobre todo el costo de la obra.
- Los Costos Indirectos son dos:
 - Gastos Generales, y
 - Utilidad

Gastos Generales

- Gastos Generales no relacionados con el tiempo de ejecución de la obra
- Gastos Generales relacionados con el tiempo de ejecución de la obra

Gastos Generales

- Los Gastos Generales no relacionados con el tiempo de ejecución de la obra o fijos,
- son aquellos en los que solo se incurre una vez, no volviendo a gastarse no obstante que la obra se amplié en su plazo original

Gastos Generales

- Gastos Generales relacionados con el tiempo de ejecución de la obra o variables,
- son aquellos que dada su naturaleza siguen existiendo o permanecen a lo largo de todo el plazo de ejecución de la obra incluida su ampliación de plazo

SESION II : PROGRAMACION DE OBRA

- Objetivo: Diferenciar los conceptos generales sobre planeamiento, programacion y control de obras
 - Diagrama de barras o GANTT
 - PERT, ventajas y desventajas
 - CPM, ventajas y beneficios, deficiencias, limitaciones

PROGRAMACION DE OBRA

- Diagrama de barras o GANTT
- PERT, ventajas y beneficios, deficiencias y limitaciones, como se construye un GRAFO PERT, aplicaciones.
- CPM, ventajas y beneficios, deficiencias y limitaciones. como se construye un GRAFO CPM, aplicaciones.

LA PROGRAMACION

- Es la elaboración de tablas y gráficos en los que se muestran los tiempos de duración, de inicio y de termino de cada una de las actividades (operaciones), que forman el proyecto.
- Los cuales deben estar en armonía con los recursos disponibles.

CONTROL Y EVALUACIÓN

- Comprende el determinar parámetros comparativos entre lo que estaba planeado y lo que está sucediendo en el campo. Esta evaluación facilitara la corrección de posibles desviaciones y la optimización
- La planificación gráfica de un proyecto, se puede desarrollar mediante dos métodos muy utilizados en la actualidad:
 - - El Diagrama de Gantt y
 - - La Programación PERT-CPM

Diagrama de Barras o GANTT

- El diagrama de barras es la representación en el plano cartesiano de dos variables: (actividades o partidas) versus duraciones o tiempos.

Diagrama de Barras o GANTT, ventajas y desventajas

- Ventajas de este método de planificación:
- Nos da una idea clara de cómo planear, programar y controlar procesos productivos en forma rápida y sencilla.
- Desventajas:
- En la planificación de procesos productivos complejos presenta deficiencias y limitaciones

Diagrama de Barras o GANTT.

Relación de desventajas:

- Mezcla la planeación y la programación del proyecto
- El proyecto solo puede ser descompuesto en actividades de gran volumen
- No señala las interrelaciones y las dependencias entre actividades
- No muestra las diferentes alternativas de ejecución de cada actividad
- No define cuales son las actividades críticas
- Es posible asegurar la fecha de terminación de cada actividad y del proyecto, pero con incertidumbre

Diagrama de Barras o GANTT, pasos para su elaboración

- Para la elaboración del diagrama de barras, se acostumbra la siguiente metodología:
- Determinar cuales son las actividades principales de la obra o proyecto (procesos constructivos).
- Estimar la duración de cada actividad.
- Representar cada actividad mediante una barra horizontal, cuya longitud a escala representa la duración de la actividad analizada

EL PERT

- Programa de evaluación y revisión técnica de proyectos (projects evaluation report technic), es una metodología o técnica de planeamiento y control, que esta basado en el grafo o red.
- El grafo, es una gráfica de cómo representar y relacionar las múltiples actividades para alcanzar el objetivo final que es el logro del proyecto terminado.

Objetivos del PERT

- Introduce el cálculo de las probabilidades en la estimación de las duraciones y en las fechas de terminación de cada actividad del proyecto. Está orientado hacia los sucesos de un proyecto, hacia el inicio y la terminación de las actividades.
- Se concentra en las actividades en que hay incertidumbre en cuanto a la fecha de comienzo y terminación.

Ventajas y Beneficios del PERT

- Separa el proceso de programación del proceso de planeación.
- Produce planes realistas, detallados y de fácil difusión.
- Predice las duraciones y certidumbres de las actividades.
- Centra la atención en las partes críticas del proyecto.
- Informa sobre la utilización de los recursos.
- Simulación de las posibles alternativas de operación.
- Verificación de la marcha del desarrollo del proyecto.

Deficiencias y limitaciones del PERT

- No considera importantes los costos de las actividades así como la utilización de los recursos.
- No es de aplicación a la mayoría de las Operaciones repetitivas de la producción.

Construcción de un Grafo Pert

- Se especifica el objetivo del proyecto
- Se hace una lista de las actividades que son necesarias para realizar el proyecto
- Se dibuja un grafo esquematizado del proyecto
- Se anotan las estimaciones de las duraciones de las actividades
- Se enumeran los sucesos del grafo.

Consideraciones para la construcción de un grafo Pert

- EL SUCESO: un punto en el tiempo que puede ser identificado claramente.
- LA ACTIVIDAD. Es el trabajo necesario para alcanzar un suceso.

Bosquejo del Grafo Pert

- Para dar forma al Grafo, el programador del proyecto debe contestar a tres preguntas para cada suceso que analiza:
- Que sucesos o actividades deben efectuarse antes de que tenga lugar ese suceso?
- Que sucesos y actividades no pueden efectuarse hasta que ocurra este suceso?
- Que sucesos y actividades no pueden efectuarse simultáneamente?

Consideraciones para la construcción de un grafo Pert



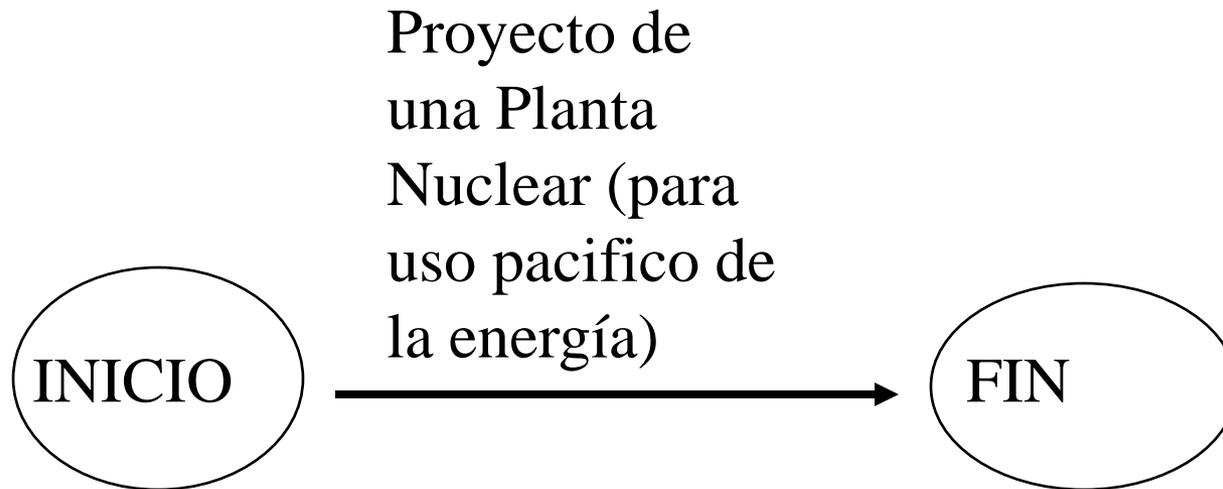
- LA ACTIVIDAD. Es el trabajo necesario para alcanzar un suceso.
- Una actividad no puede empezar hasta que todas sus actividades precedentes hayan sido terminadas.

Consideraciones para la construcción de un grafo Pert



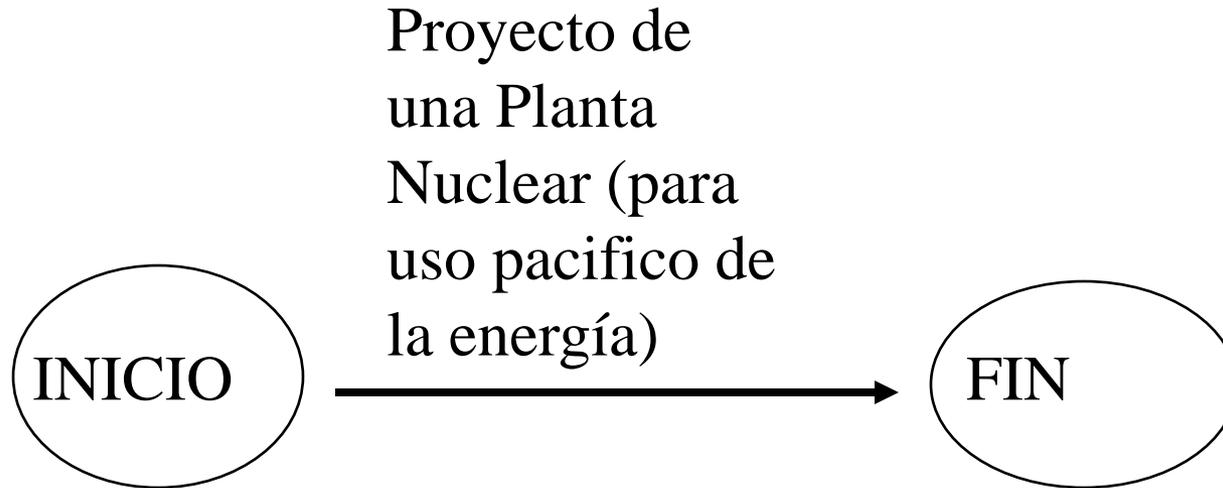
- EL SUCESO: Es un instante específico del tiempo.
- puede ser el principio o el fin de una actividad física o mental, un punto en el tiempo que puede ser identificado claramente.

Orientación y Nomenclatura del Grafo Pert



- El Pert considera a los sucesos orientados.
- Un grafo orientado hacia los sucesos, es aquel en el que todas las identificaciones y descripciones corresponden a los sucesos que tienen lugar durante el transcurso del proyecto.

Orientación y Nomenclatura del Grafo Pert



- Un Grafo Pert, se inicia o comienza en un único suceso inicial.
- Se ramifica en varios caminos que ligan diferentes sucesos.
- Termina en un único suceso final que señala el fin del proyecto.

Aplicaciones del Pert

- Esta técnica o método de gestión científica tiene aplicaciones en muchos campos de la actividad humana y no está limitado solo a la producción, se puede aplicar en:
- Investigación y desarrollo industrial
- Construcciones civiles y militares
- Preparación de ofertas y presupuestos
- Control de obligaciones
- Instalación de sistemas de control.
- Desarrollos de software

El CPM

- Es una técnica de planeamiento y control que tiene como fundamento el grafo o red.
- El CPM tiene como objetivo la ejecución óptima de las actividades del proyecto
- Busca la optimización de los costos con un adecuado empleo de los recursos y duración de las actividades
- Se basa en la experiencia, liberándolo de la incertidumbre del tiempo.

Ventaja y Beneficios del CPM

- Permite definir las funciones y responsabilidades entre el personal encargado de la ejecución de las actividades.
- Permite mejorar la planificación y ejecución del proyecto,
- Proporciona una visión general y actualizada del proyecto, permitiendo tomar decisiones sobre bases objetivas bien informadas.

Ventaja y Beneficios del CPM

- Permite la planeación y la programación efectiva de los recursos disponibles.
- Permite la simulación de
- caminos alternativos de acción en las operaciones de producción.
- Permite reducir al mínimo las contingencias adversas a la realización del proyecto

Deficiencias y Limitaciones del CPM

Por basarse en la experiencia solo considera las duraciones determinísticas en la estimación de las duraciones de las actividades.

Lo señalado le impide hacer proyecciones probabilísticas en los proyectos de mediano y largo plazo.

No es de aplicación en la mayoría de las actividades repetitivas de producción.

Deficiencias y Limitaciones del CPM

Por basarse en la experiencia solo considera las duraciones determinísticas en la estimación de las duraciones de las actividades.

Lo señalado le impide hacer proyecciones probabilísticas en los proyectos de mediano y largo plazo.

No es de aplicación en la mayoría de las actividades repetitivas de producción.

Bosquejo del Grafo CPM

- Para dar forma al Grafo, el programador del proyecto debe contestar a tres preguntas para cada actividad que analiza:
- Que otras actividades deben efectuarse antes de que tenga lugar esta actividad por realizar?
- Que otras actividades no podran efectuarse hasta que ocurra este suceso?
- Que actividades pueden efectuarse simultaneamente a la ejecución de ésta?

Bosquejo del Grafo CPM

- Para dar forma al Grafo, el programador del proyecto debe contestar a tres preguntas para cada actividad que analiza:
- Que otras actividades deben efectuarse antes de que tenga lugar esta actividad por realizar?
- Que otras actividades no podran efectuarse hasta que ocurra este suceso?
- Que actividades pueden efectuarse simultaneamente a la ejecución de ésta?

Construcción de un Grafo CPM

Proyecto de un
nuevo muelle
en la selva



- El Grafo Cpm, sigue prácticamente los mismos lineamientos que el Pert.
- El Cpm considera a las actividades (flechas) orientadas. (no los sucesos)
- Un grafo orientado hacia las actividades, es aquel en el que todas las identificaciones y descripciones corresponden a las actividades que tienen lugar durante el transcurso

Aplicaciones del Cpm

- Es posible la aplicación del CPM en todo proyecto, obra, u proceso tecnologico o de gestion, donde se tenga que llevar a cabo una serie de actividades relacionadas entre si para lograr un objetivo determinado.
- Las actividades pueden ser de todo tipo: toma de decisiones, estudios técnicos, evaluaciones, trabajos físicos, etc.
- Los objetivos específicos pueden ser lograr desarrollar y alcanzar las metas de un proyecto complejo, como simplemente el desarrollo de actividades rutinarias de poca

SESION 3 : FUNDAMENTOS DE PROGRAMACION PERT-CPM

Objetivo: Formular un Grafo Pert-Cpm, calcular duración y cual es el tiempo para empezar y terminar cada actividad

- Grafo Pert-Cpm.
- Duración de una actividad
- Calcular tiempo pesimista

Programacion Pert-Cpm

- Grafo PERT -CPM
- Duración de una actividad
- Cálculos de tiempo optimista
- Cálculos de tiempo pesimista
- Cálculo de tiempo mas probable
- Tiempo para empezar y terminar una actividad.

Qué es el Pert-Cpm?

- PERT -CPM ES UNA TÉCNICA QUE COMBINA AL PERT Y EL CPM, POR TENER AMBAS LOS MISMOS FUNDAMENTOS:
- 1. EMPLEO DE LÓGICA SECUENCIAL.
- 2. USO DE GRAFOS PARA REPRESENTAR EL DESARROLLO DE UN PROYECTO,
- 3. DEFINIR EL PROYECTO Y TODAS SUS TAREAS O ACTIVIDADES SIGNIFICATIVAS.
- 4. DESARROLLAR LAS RELACIONES ENTRE LAS ACTIVIDADES, DECIDIR QUE ACTIVIDADES DEBEN PRECEDER Y CUALES DEBEN SEGUIR OTRAS O SER PARALELAS

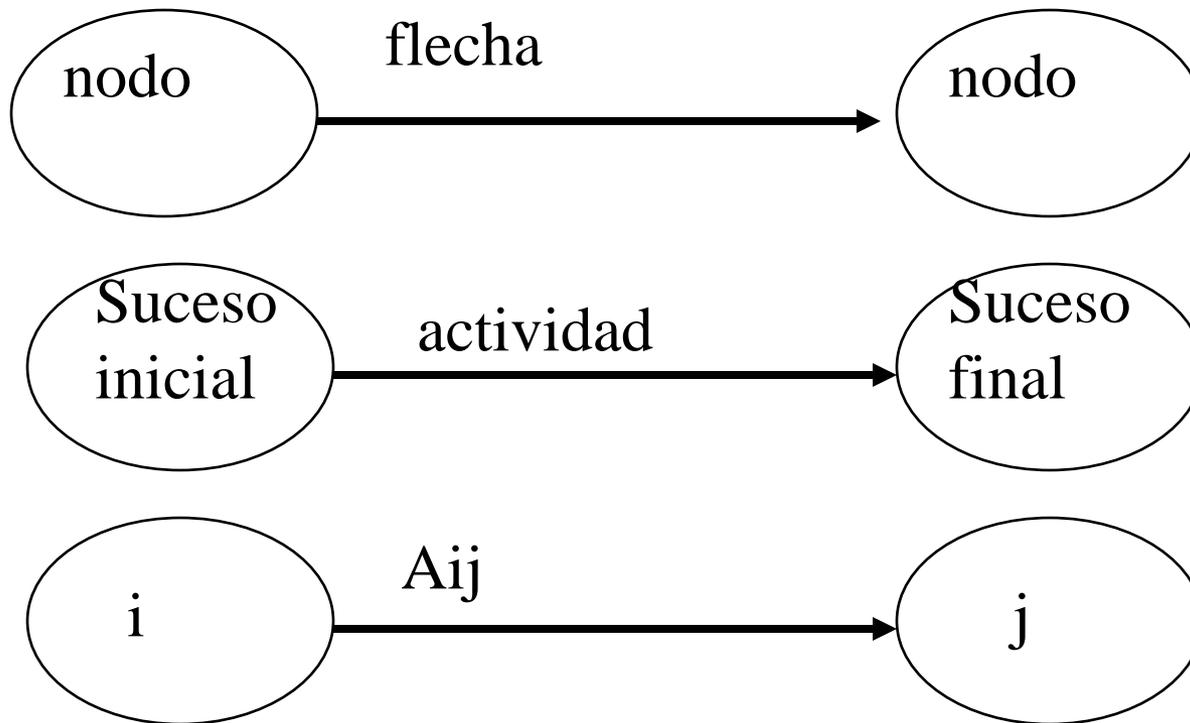
Qué es el Pert-Cpm?

- 5. DIBUJAR LA RED QUE CONECTA TODAS LAS ACTIVIDADES
- 6. ASIGNAR LAS ESTIMACIONES DE DURACIÓN Y COSTO PARA CADA ACTIVIDAD
- 7. CALCULA LA TRAYECTORIA DE MAYOR DURACION A TRAVÉS DE LA RED, HASTA LA DENOMINADA RUTA CRITICA
- 8. UTILIZAR LA RED PARA AYUDAR A PLANEAR SEGUIR Y CONTROLAR EL PROYECTO

Grafo Pert -Cpm

- En el Grafo PERT - CPM cada una de las actividades de un proyecto se representa mediante flechas orientadas.
- Las flechas se enlazan entre si formando una malla o red y cuyo sentido indica el desarrollo del proyecto a lo largo del tiempo.
- La Malla o Red, es la representación reticular de las actividades que comprenden la realización de un proyecto específico.
- La Malla o Red de flechas orientadas, sirve para representar gráficamente el desarrollo general de la obra.

Elementos de una malla o red y su representación

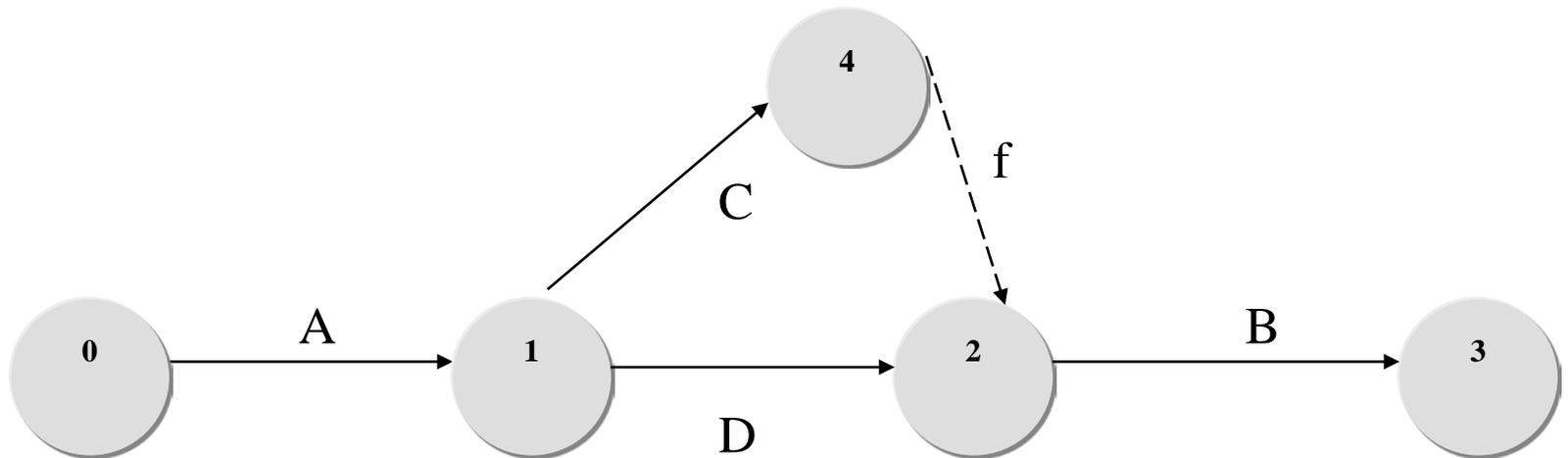
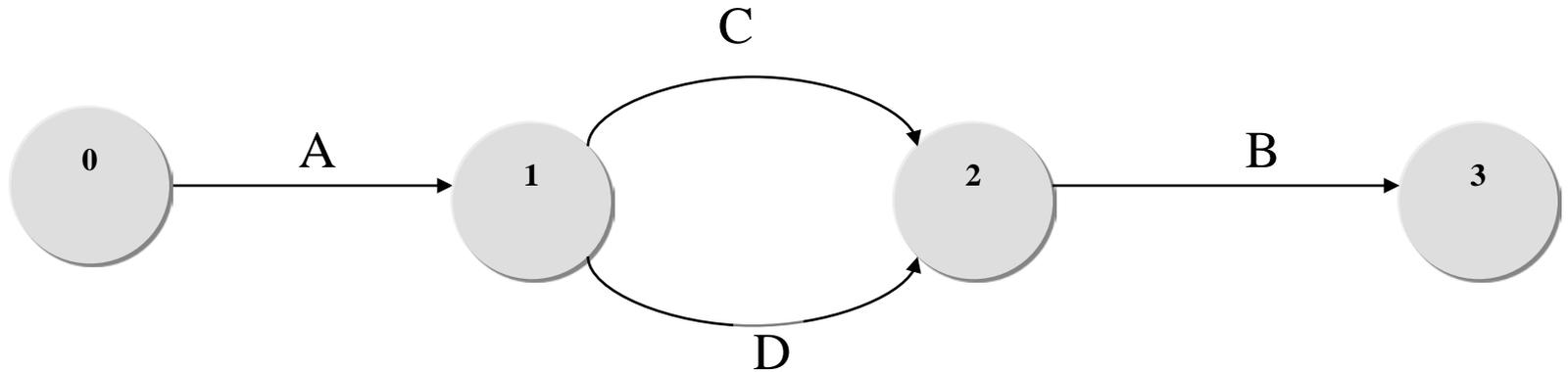


- Para facilitar la identificación y cálculos en la red, toda actividad lleva un nombre y todo suceso un número.

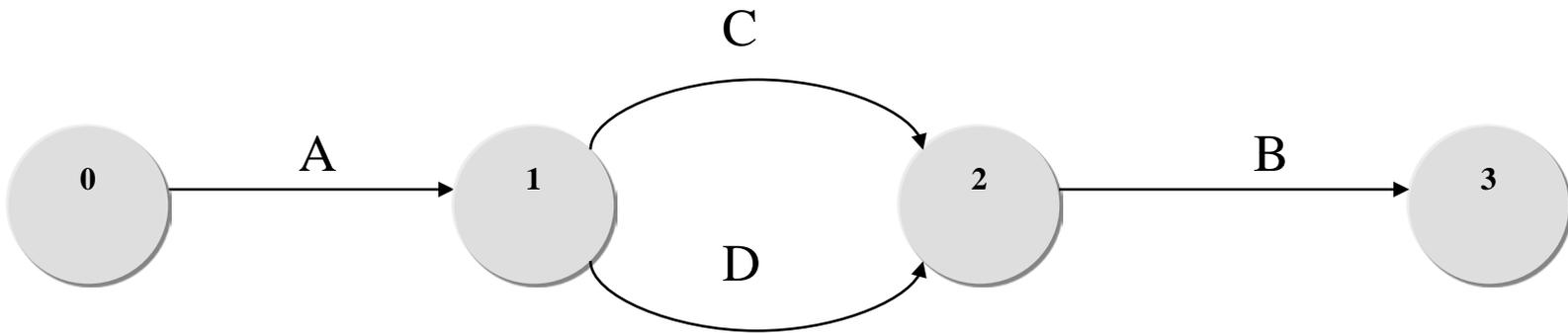
Actividades Ficticias

- La correcta enumeración de los sucesos, permite identificar las diferentes actividades mediante los sucesos de inicio (i) y termino (j).
- Cada actividad debe ser identificada por una combinación única de sucesos de inicio y fin.
- Es necesario incluir en la elaboración de la red, las actividades ficticias, que no consumen trabajo, tiempo o recursos, sino que sirven para dar consistencia a las interrelaciones de las actividades en circunstancias especiales.

- Las actividades ficticias se representan por una flecha discontinua.

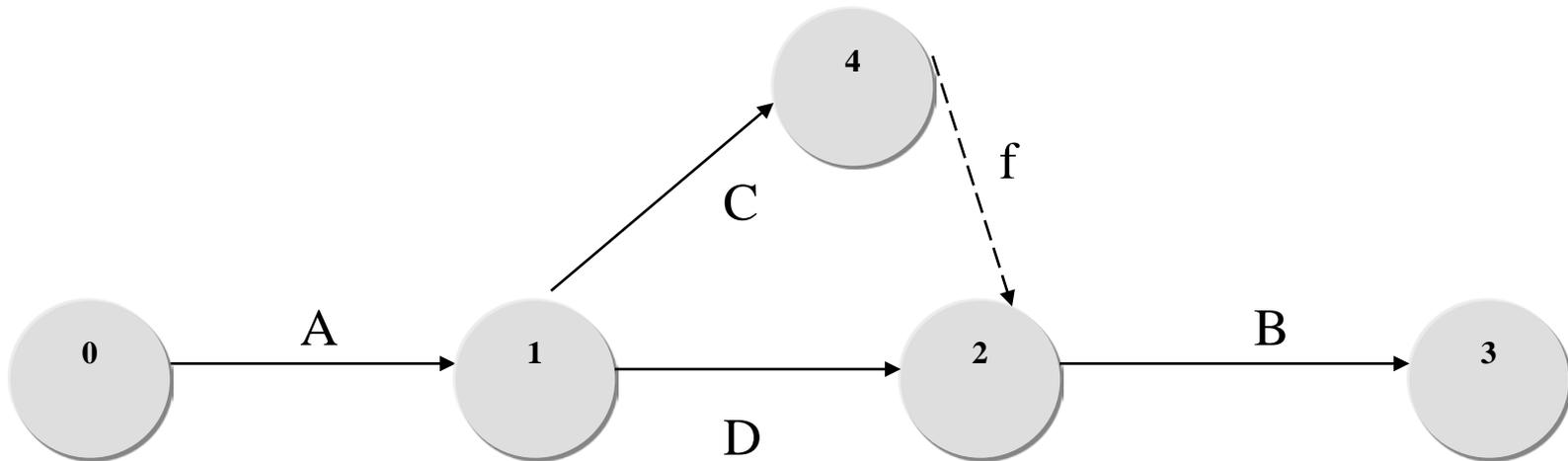


Actividades ficticias



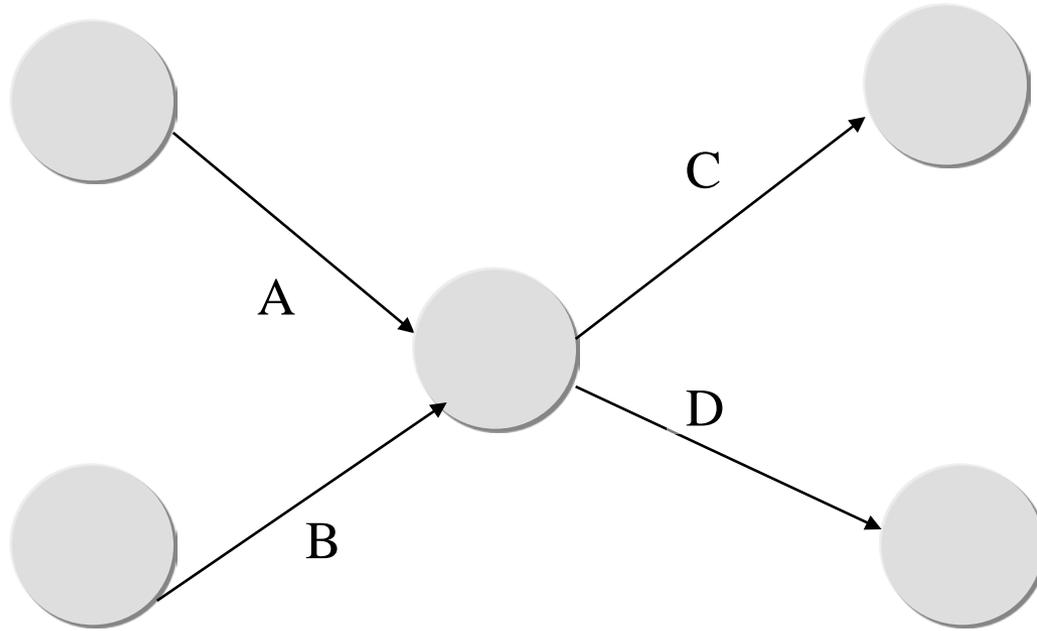
- Sean dos tareas C y D, de duración diferente.
- C es mas corta que D y siguen ambas a una tarea A.
- Tanto C como D son seguidas por la tarea B.
- La anterior es la representación del Grafo.
- Sin embargo no es consistente que empezando en el mismo instante y teniendo diferente duración, puedan terminar en el mismo instante

Actividades ficticias



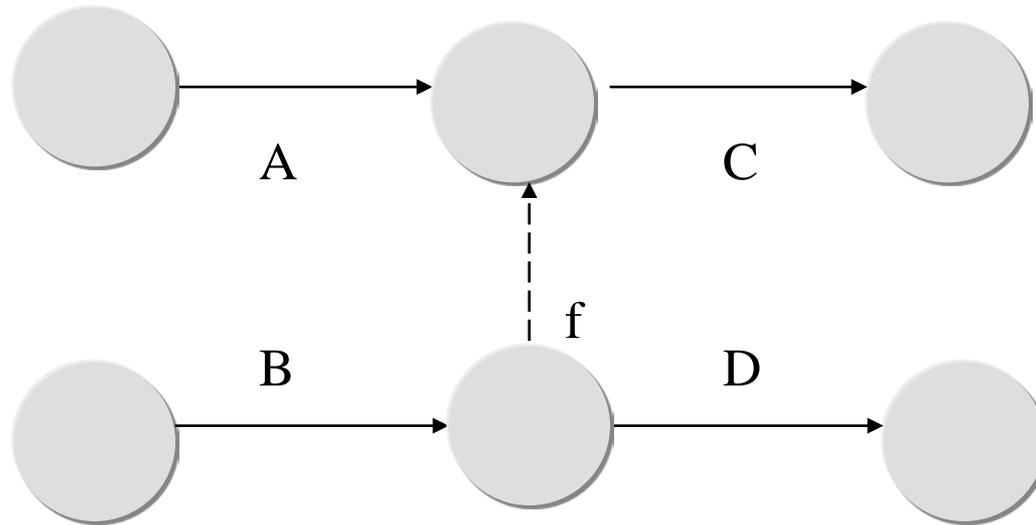
- La solución es la presentada en el Grafo.
- Se ha introducido una tarea que no es real para levantar la inconsistencia presentada.
- Dicha tarea se denomina tarea ficticia y se representa por una flecha discontinua.
- La tarea ficticia se añadió a la actividad C por ser de más corta duración

Ej. Actividades ficticias



- Sea una tarea C que sucede a otras dos denominadas A y B.
- Además la tarea D debe suceder a la tarea B.
- El Grafo tal como representado es inconsistente.

Ej. Actividades ficticias



- La representación correcta es la presentada en el presente Grafo.
- Hemos agregado una actividad ficticia para asegurar que C suceda a A y B; en tanto que D sucede a B.

Procedimientos para elaborar grafos

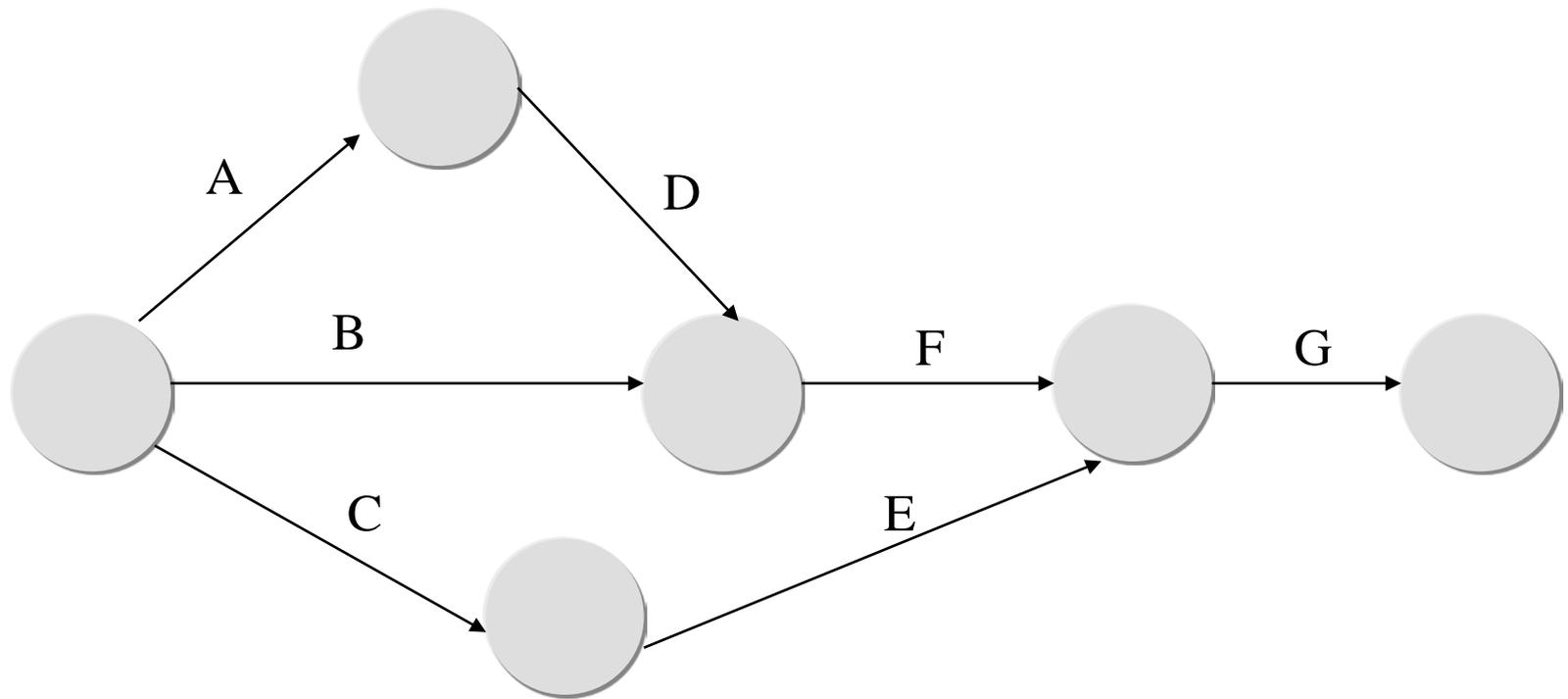
- Previamente debemos descomponer el proyecto en sus tareas más importantes.
- Para esto debemos definir que actividades forman parte del proyecto y cuales son las interdependencias de actividades entre si.
- Asimismo, tomar en cuenta que habran otras condiciones limitantes que intervienen en la relación de cada una de ellas.
- El gráfico de la red del proyecto debe hacerse de una forma lógica y secuencial según las relaciones de precedencia entre las actividades.

Procedimientos para elaborar grafos

- EJEMPLO: Las actividades de un proyecto están correlacionadas según las relaciones de precedencia que se indica. Se requiere graficar la red de flechas.

Actividad	Precedencia
A	-
B	-
C	-
D	A
E	C
F	B, D
O	E, F

Grafo. Eje 1.



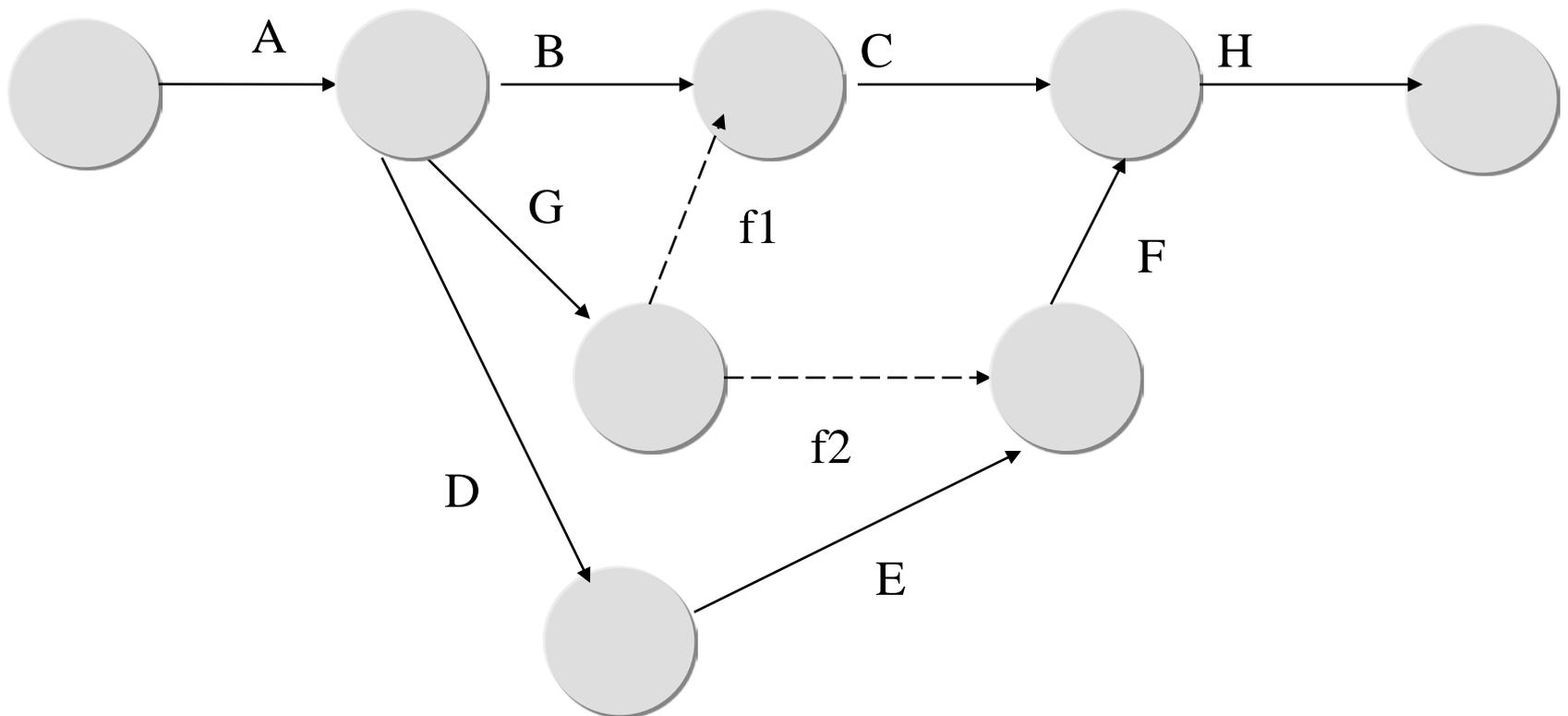
Procedimientos para elaborar grafos. Eje 2.

- EJEMPLO 2: Las actividades de un proyecto están correlacionadas según las relaciones de precedencia que se indica. Se requiere graficar la red de flechas.

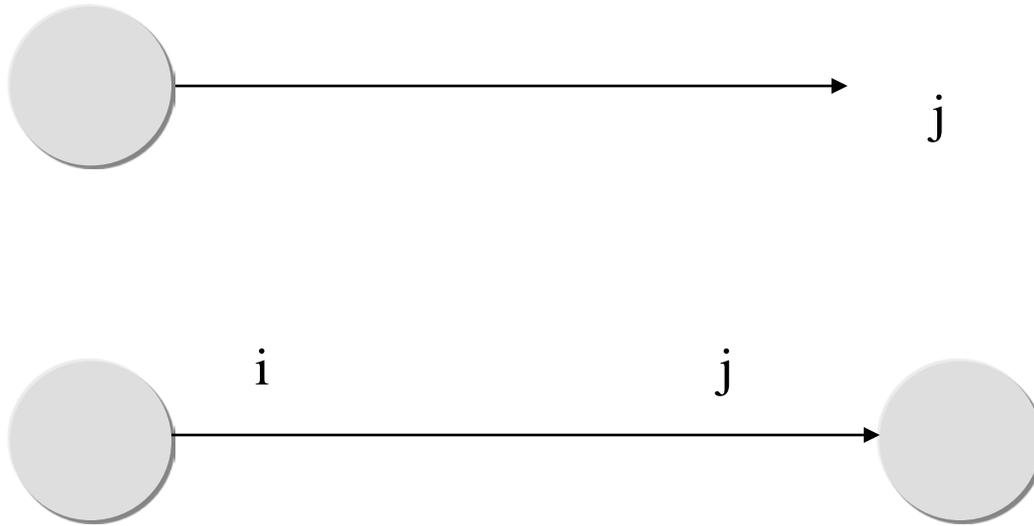
Actividad	Precedencia	Tiempo
A	-	30
B	A	6
C	B,G	4
D	A	5
E	D	10
F	E,G	8
G	A	14
H	C,F	2

Grafo Eje. 2

B=6

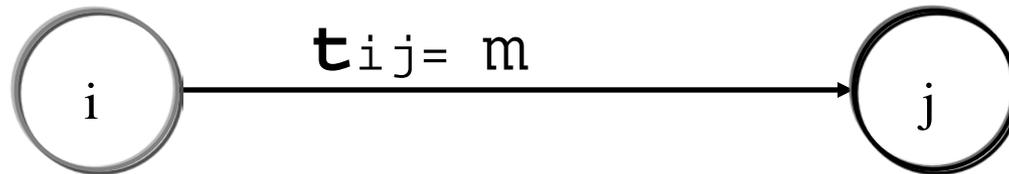


Duración de una actividad

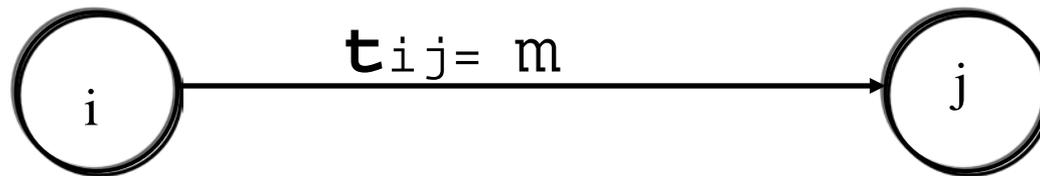


- La representación correcta es la presentada en el presente Grafo.
- Hemos agregado una actividad ficticia para asegurar que C suceda a AyB; en tanto que D sucede a B.

Duración de una actividad



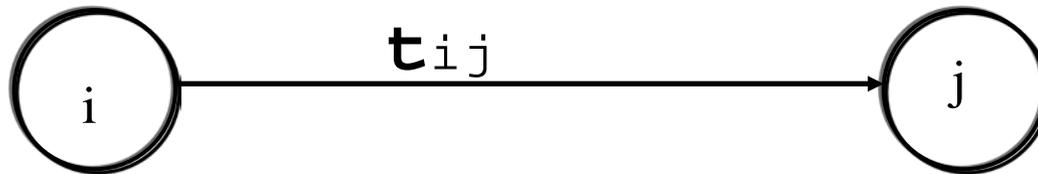
- Duración de una actividad según PERT = experiencia



- Duración de una actividad según CPM = probabilidades

Duración de una actividad

- Duración optimista (a)= el tiempo mínimo para realizar la actividad en condiciones ideales
- Duración más probable (m)= el tiempo estimado para realizar la actividad en condiciones normales
- Duración pesimista (b)= el tiempo estimado para realizar la actividad en condiciones desfavorables

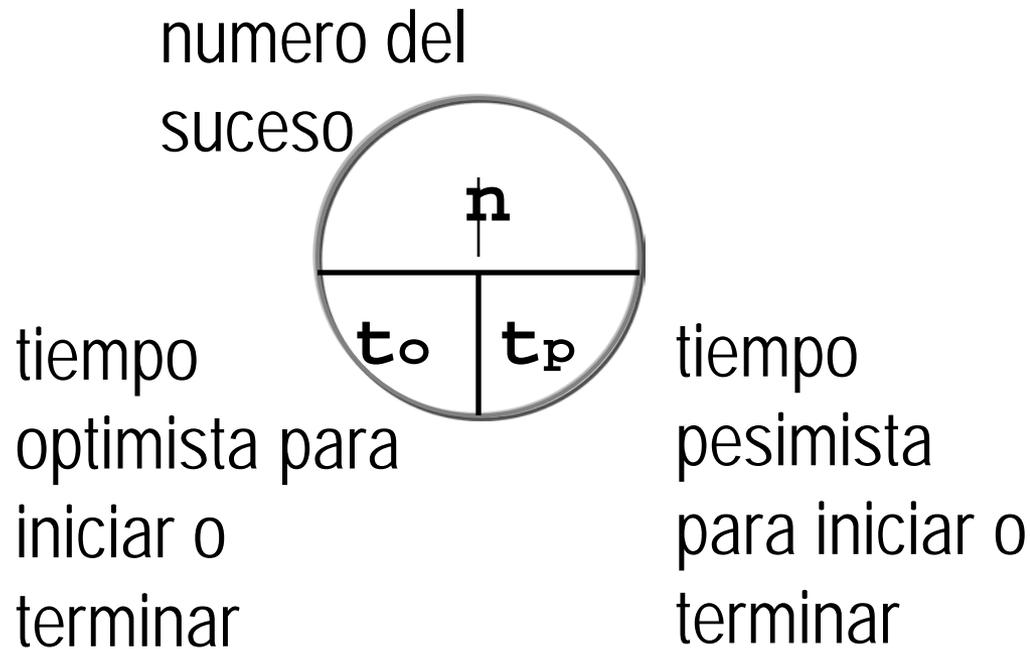


$$t_{ij} = a$$

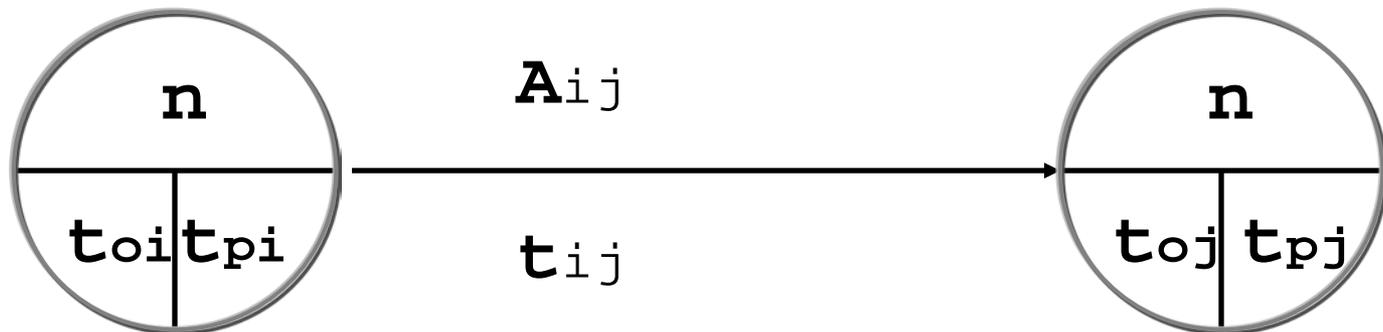
$$t_{ij} = m$$

$$t_{ij} = b$$

Representación de tiempos para comenzar y terminar una actividad

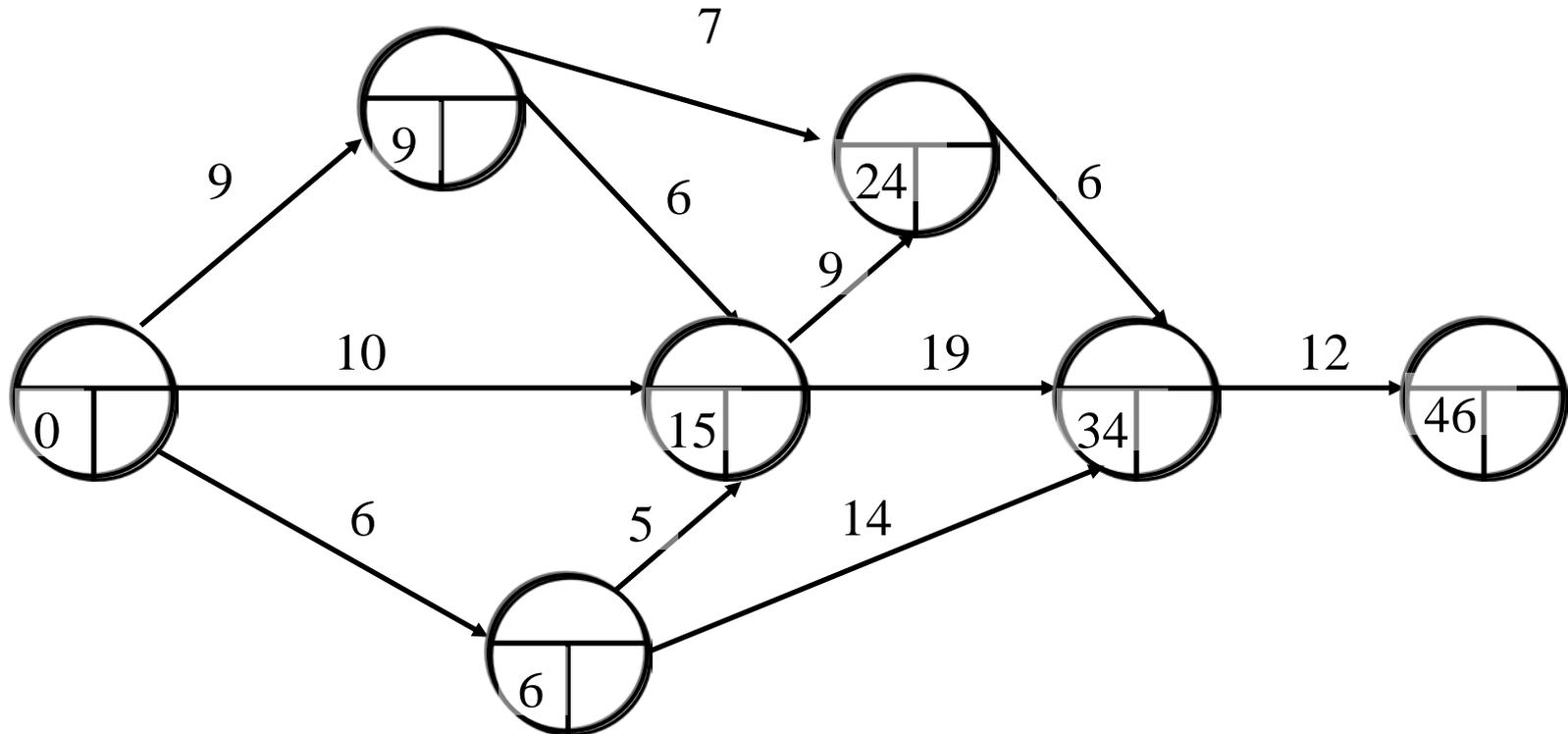


Representación de tiempos para comenzar y terminar una actividad



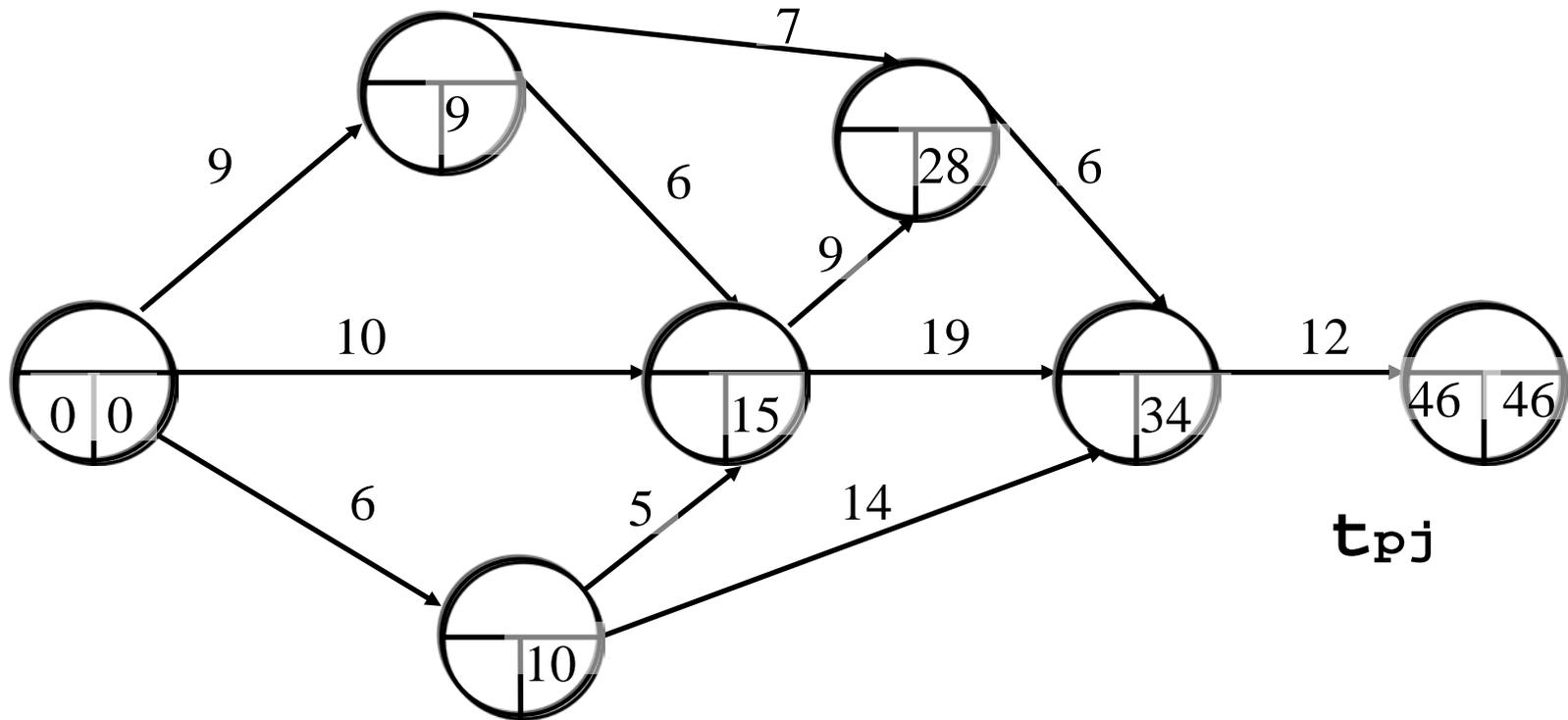
- Cada actividad se representa con un suceso inicial y otro final, con sus respectivos tiempos optimistas y pesimistas para comenzar y teminar

Calculo de tiempos optimistas



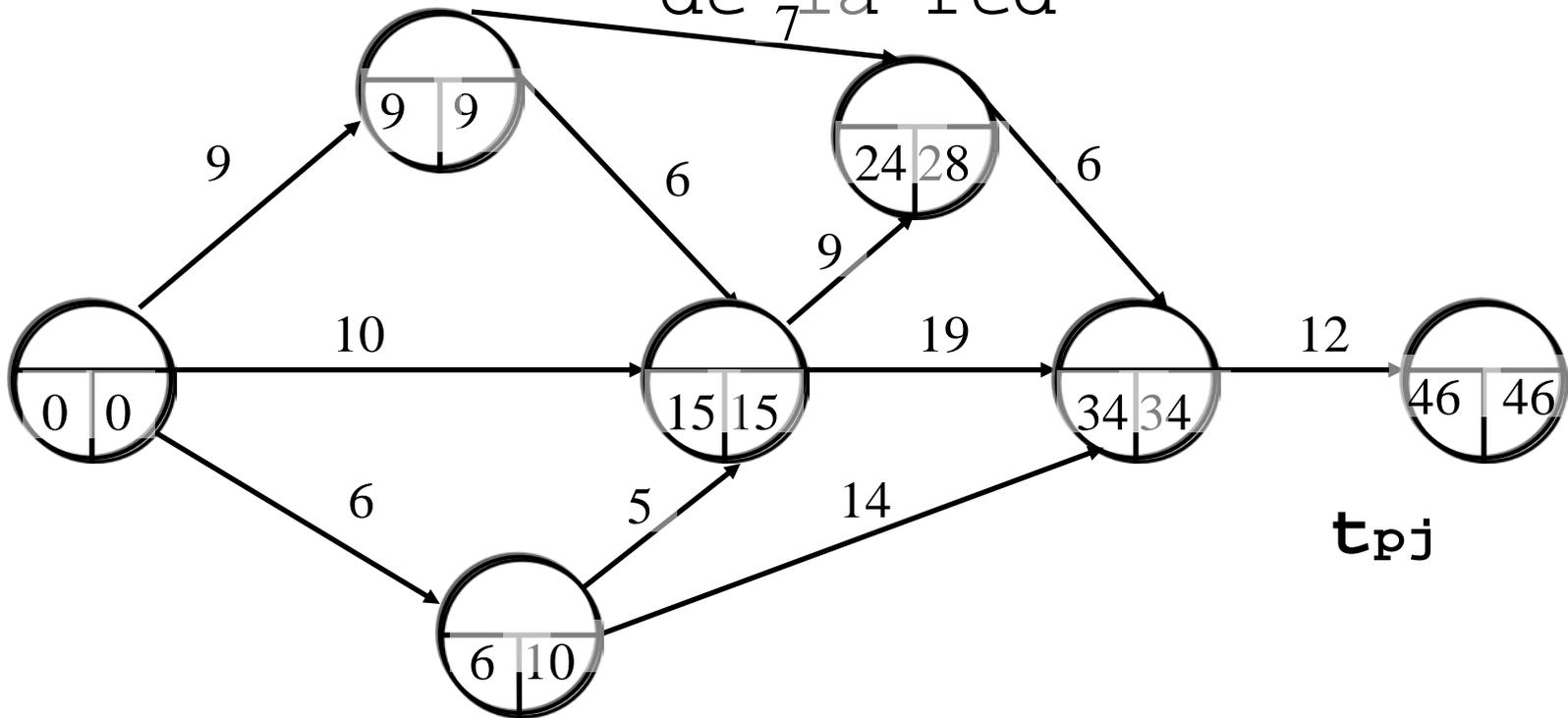
- La primera actividad se inicia con cero.
- Si en un suceso termina solo una actividad, aplicar la fórmula $t_{oj} = t_{oi} + t_{ij}$.
- Si en un suceso terminan varias actividades, aplicar la fórmula $t_{oj} = \max (t_{oi} + t_{ij})$

Calculo de los tiempos pesimistas



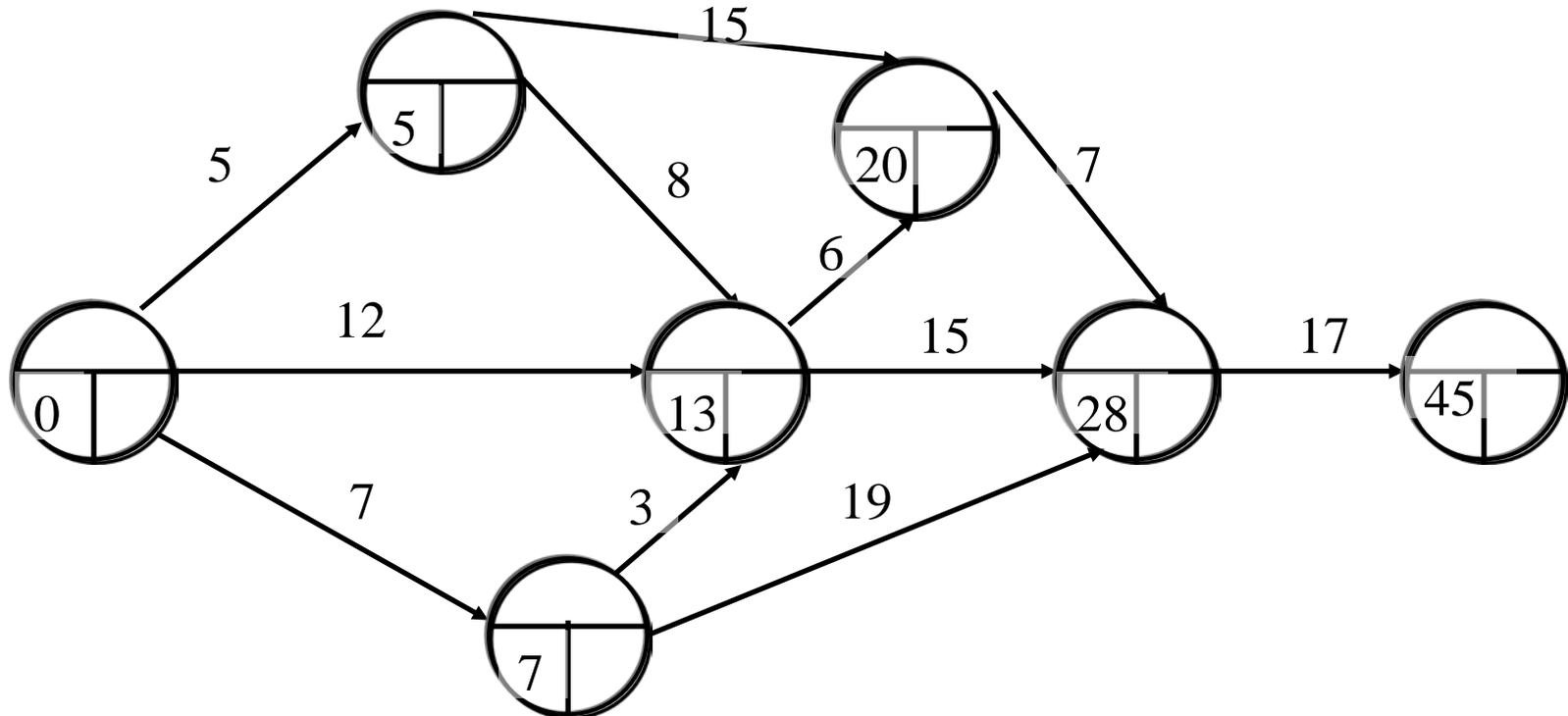
- La primera actividad se inicia del último suceso con la fórmula $tp_j = to_j$
- Si en un suceso termina solo una actividad, aplicar la fórmula $tp_j = tp_j - tij$.
- Si en un suceso terminan varias actividades, aplicar la fórmula $tp_j = \min (tp_j - tij)$.

Calculo de los tiempos más probables de la red



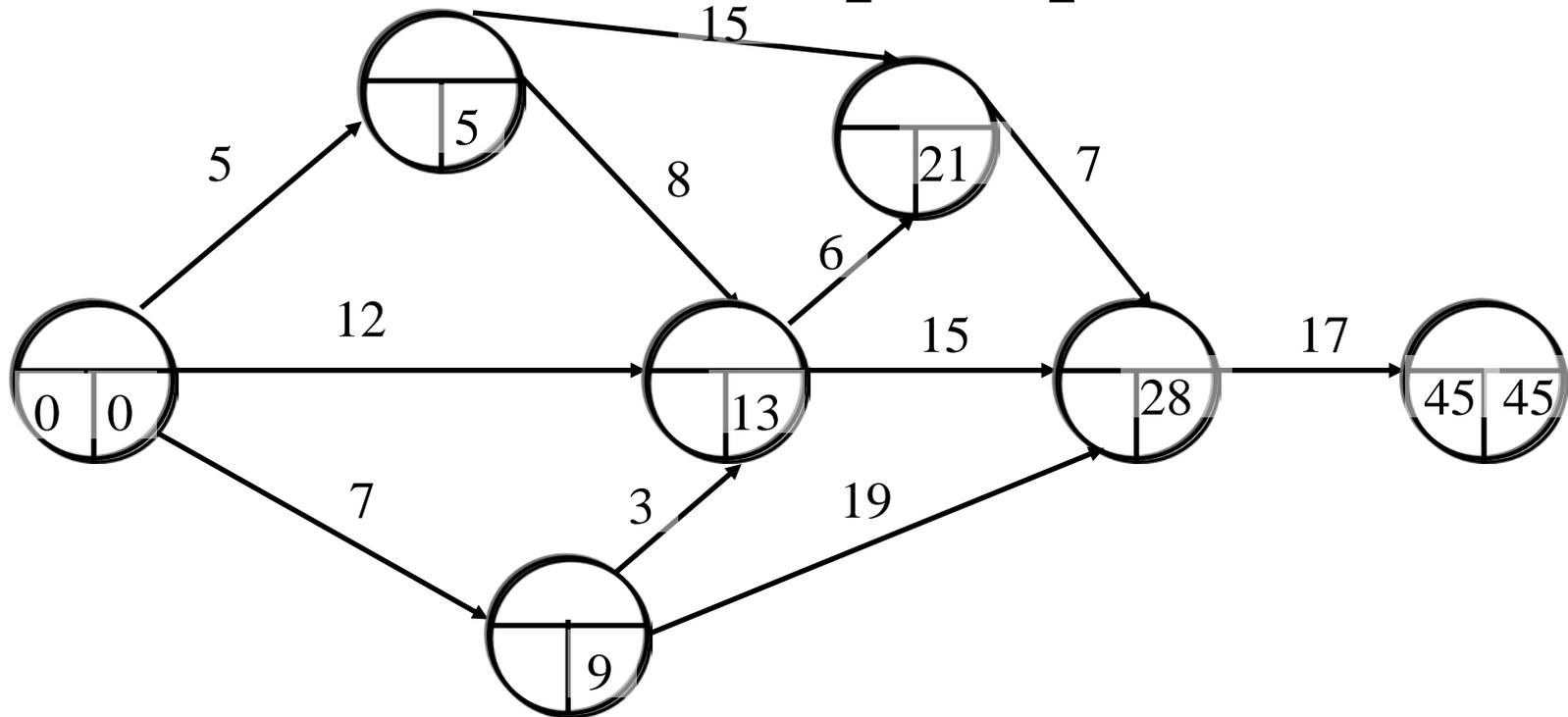
- El tiempo más probable en la red, es aquel que se estima ocurrirá con los recursos asignados y bajo condiciones normales.
- Es la sumatoria de las actividades que no tienen holgura.
- El análisis de la red Pert-Cpm permite visualizar que actividades no pueden sufrir atraso

Calculo de tiempos optimistas



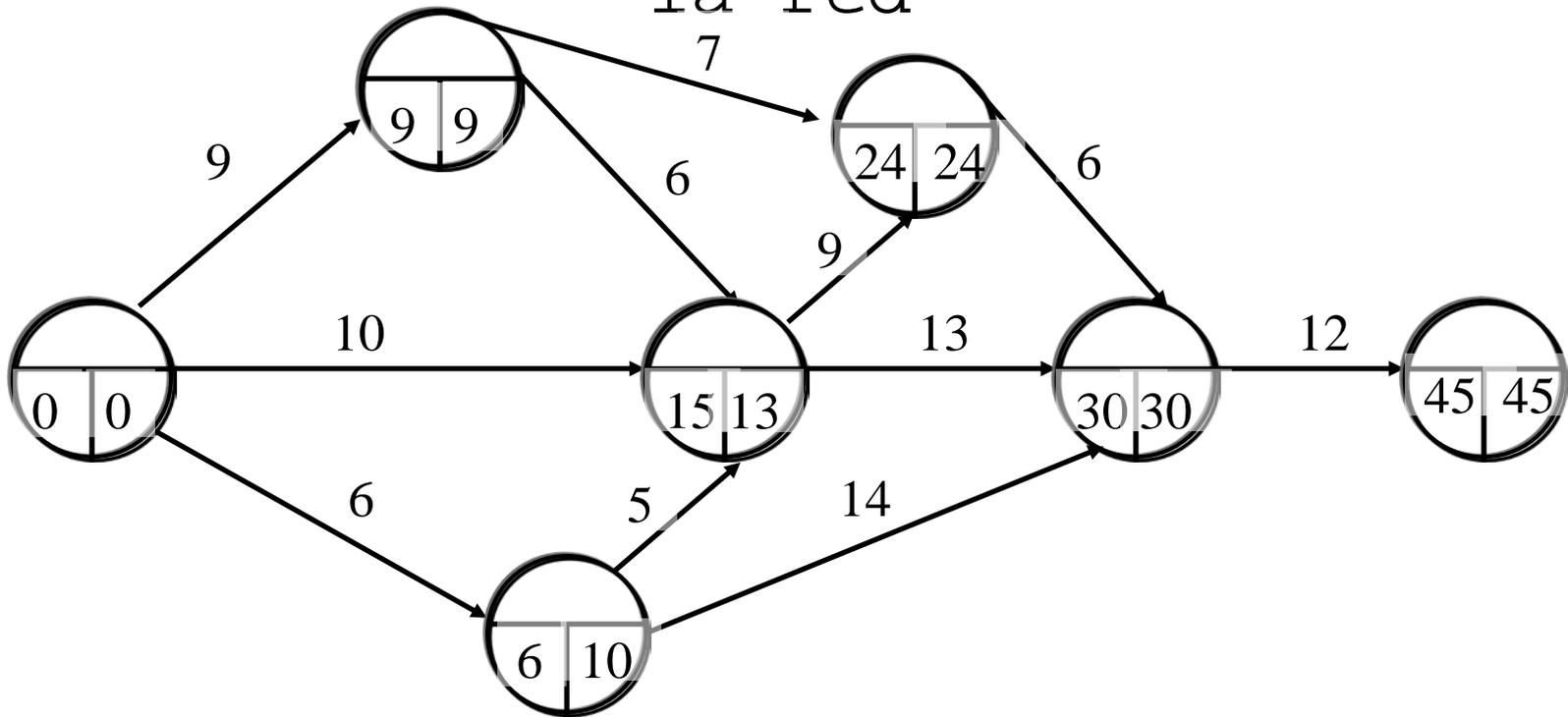
- La primera actividad se inicia con cero.
- Si en un suceso termina solo una actividad, aplicar la fórmula $t_{oj} = t_{oi} + t_{ij}$.
- Si en un suceso terminan varias actividades, aplicar la fórmula $t_{oj} = \max (t_{oi} + t_{ij})$.

Calculo de tiempos pesimistas



- La primera actividad se inicia del último suceso con la fórmula $t_{pj} = t_{oj}$
- Si en un suceso termina solo una actividad, aplicar la fórmula $t_{pj} = t_{pj} - t_{ij}$.
- Si en un suceso terminan varias actividades, aplicar la fórmula $t_{pj} = \min (t_{pj} - t_{ij})$.

Calculo de tiempos mas probables en la red



- Podemos determinar la duración más probable del proyecto

Revisión de conceptos para el primer Control

1

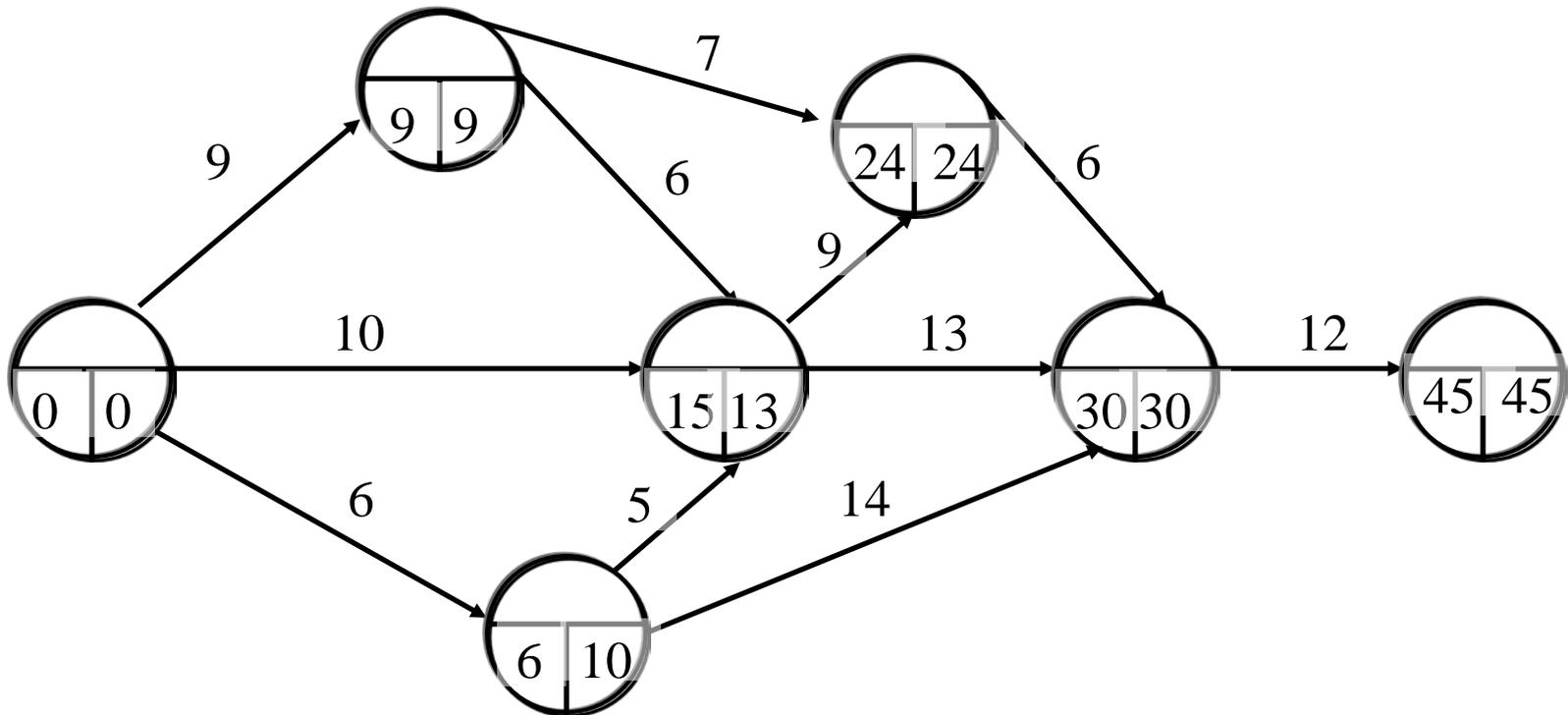
- Qué es programación?
- Qué es planificación ?
- Qué es control?
- Qué es diagrama de Gantt?
- Qué es un diagrama de flechas?
- Qué es un diagrama de red?
- Qué es el Pert?
- Qué es el Cpm?
- Qué es un grafo?
- Qué es Pert-Cpm?

SESION 4 : LA RUTA CRITICA (CRITICAL PATH)

Objetivo: Determinar la ruta crítica, holguras y tiempos flotantes.

- Concepto de Rutas críticas
- Holguras del Pert
- Tiempos flotantes
- Determinación de Rutas críticas

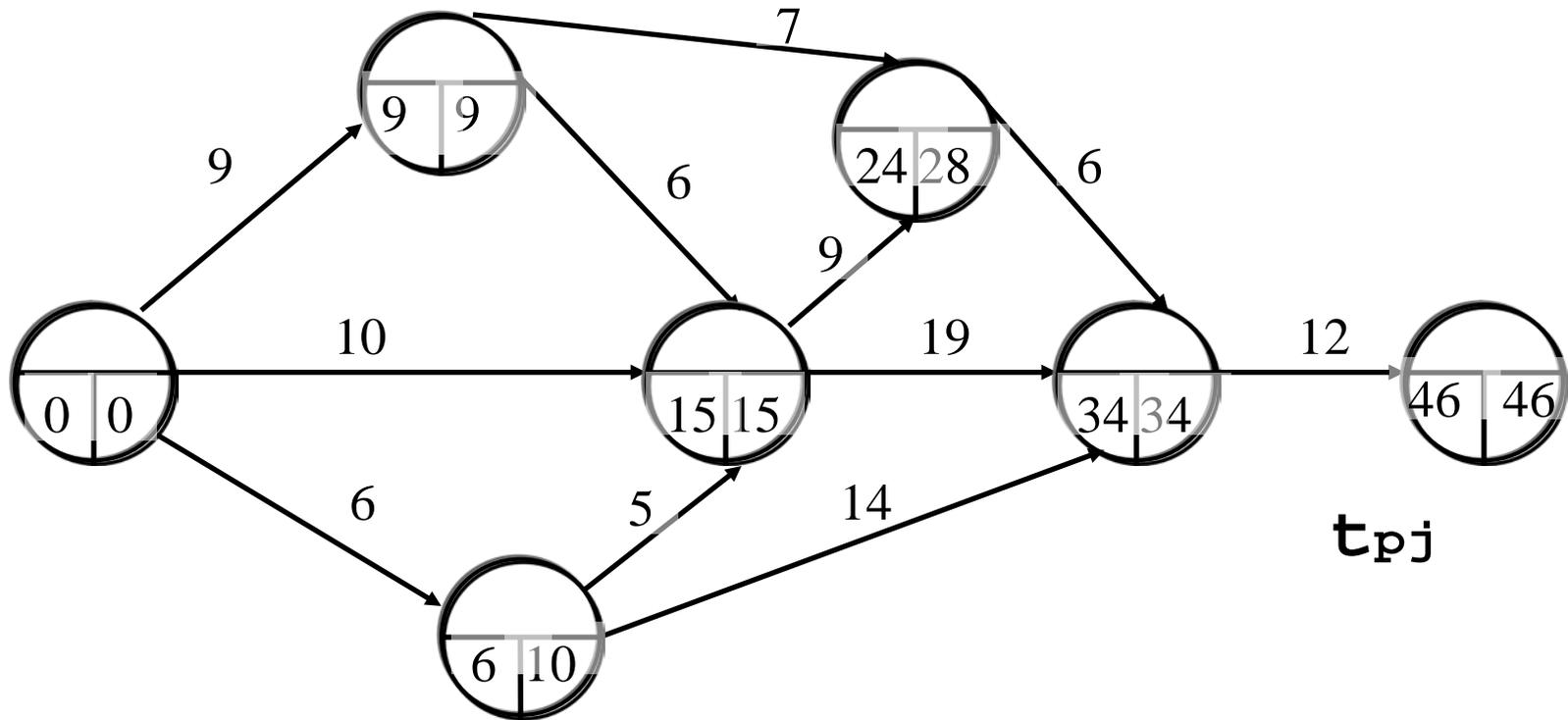
La Ruta Crítica



En este Diagrama Oert-Cpm podemos visualizar:

- la duración más probable del proyecto
- la holgura de cada actividad
- actividades que no tienen holgura
- la ruta crítica del proyecto

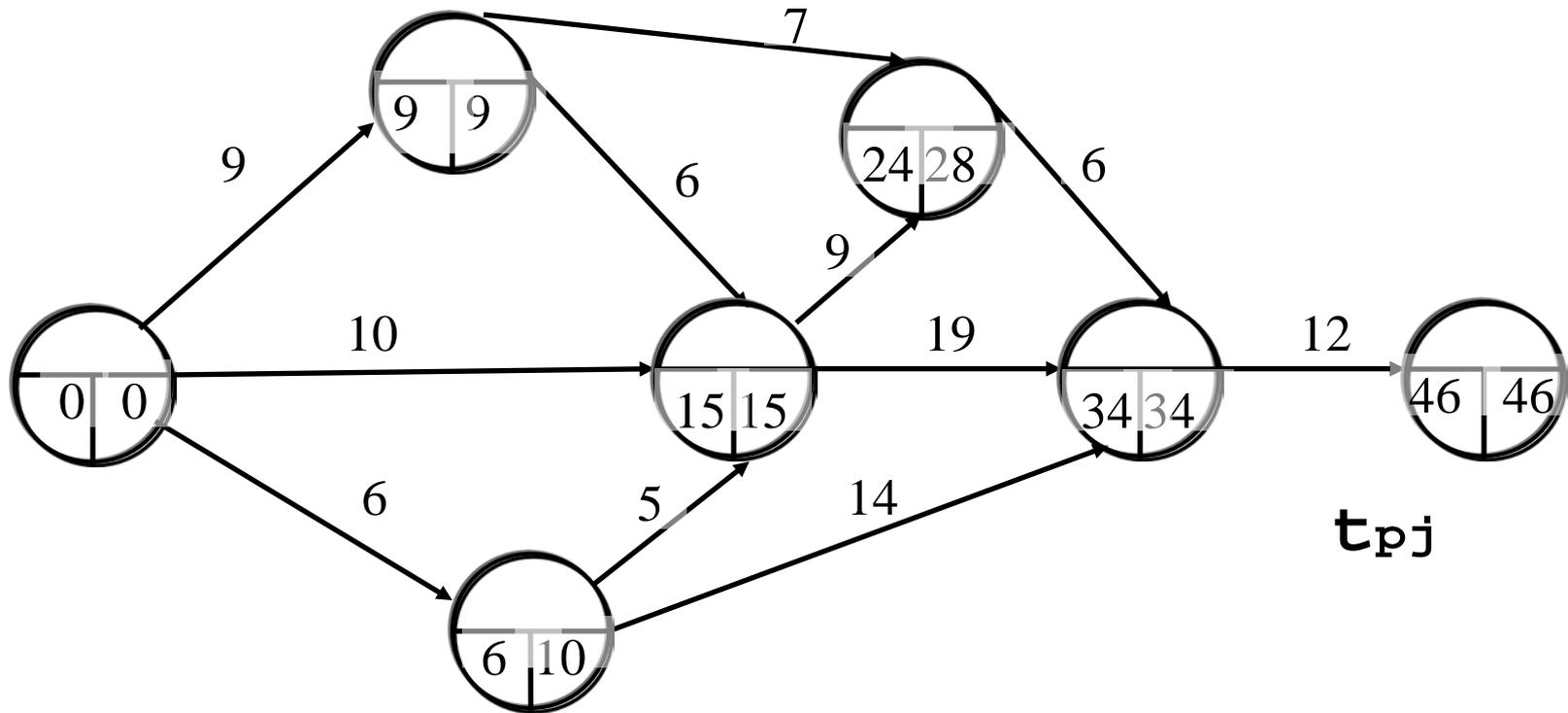
Concepto de ruta crítica



La ruta crítica es la cadena de actividades cuyas holguras de actividad son cero y cuyo atraso (de cualquiera de ellas) demoraría la culminación del proyecto

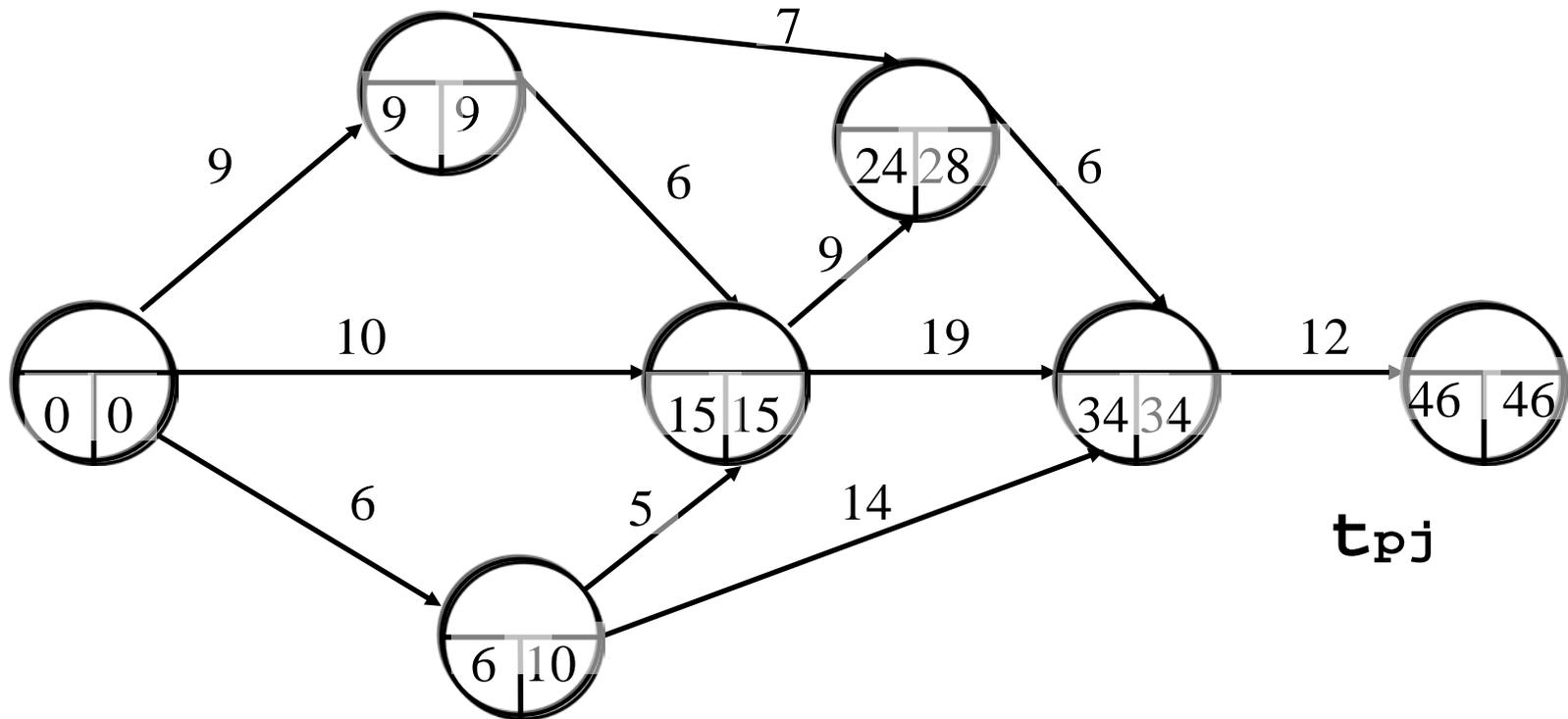
El análisis de la red Pert-Cpm permite visualizar que actividades no pueden sufrir atraso

Holguras y tiempos flotantes



La ruta crítica se puede plantear mediante las holguras del Pert o mediante los tiempos flotantes del Cpm

Concepto de ruta crítica



El análisis de la red Pert-Cpm permite visualizar que actividades no pueden sufrir atraso

- Los nodos que unen dicho conjunto de actividades constituye la ruta crítica
- Se determina uniendo todas las actividades cuyas holguras sean cero

Holguras del Pert

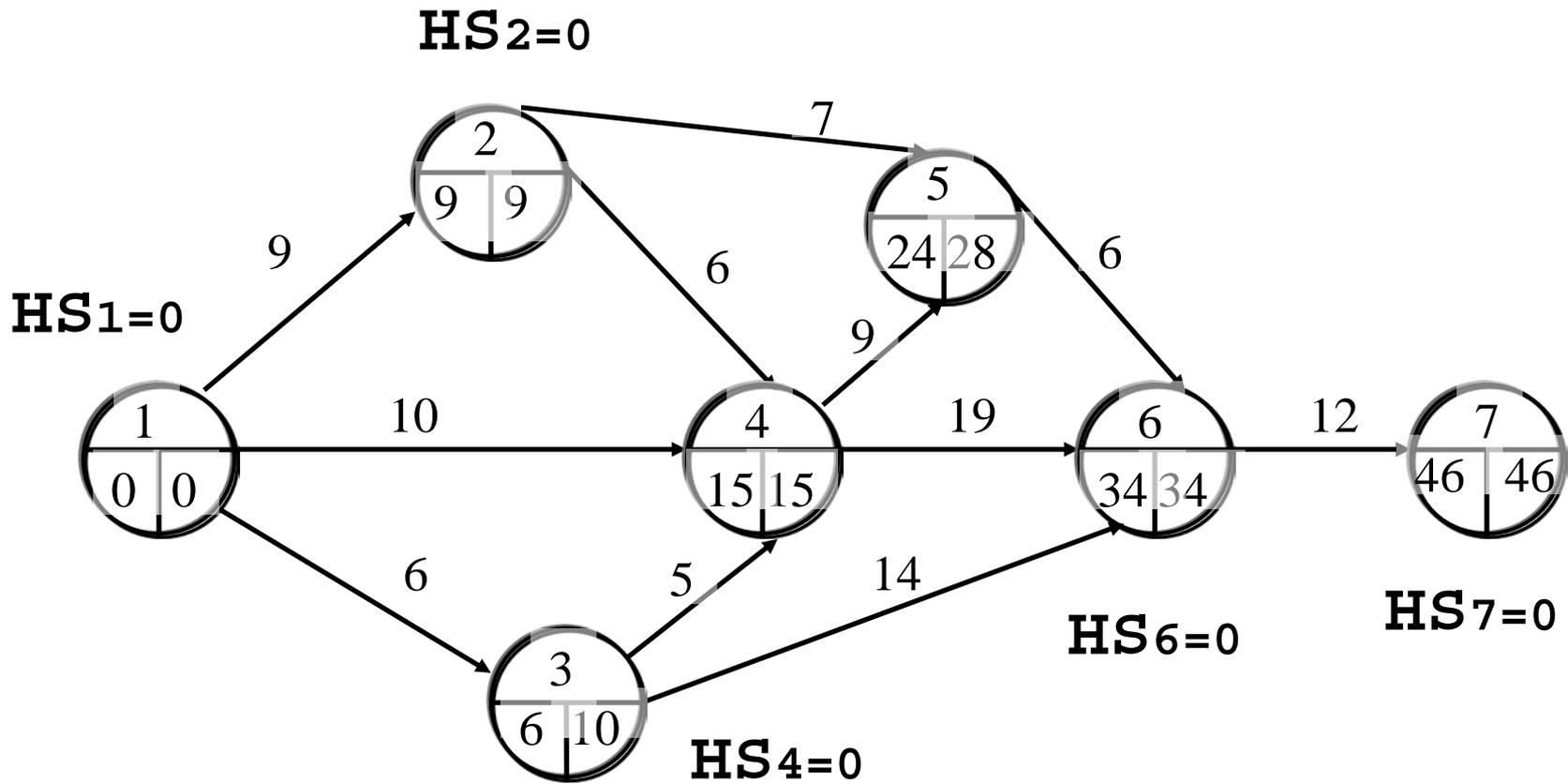
- El PERT considera dos tipos de holguras de tiempo:
- - HOLGURAS DE SUCESO (HS): Es la diferencia entre el tiempo pesimista y el tiempo optimista de un mismo suceso.

$$\mathbf{HS_n = t_{pj} - t_{oj}}$$

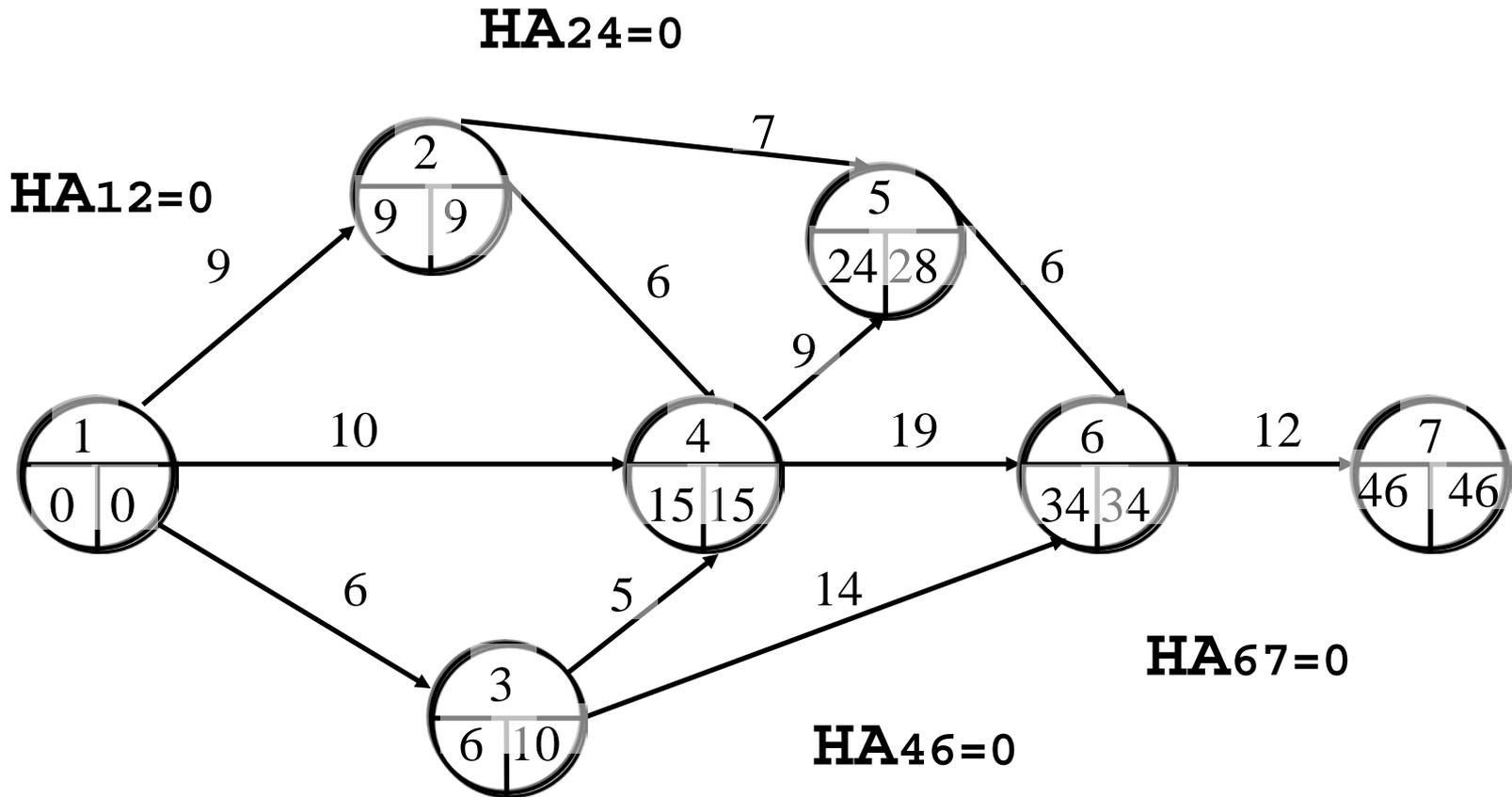
- - HOLGURA DE ACTIVIDAD (HA): Es la diferencia entre el tiempo pesimista de terminación y la sumatoria del tiempo optimista de inicio y su duración.

$$\mathbf{H_{aij} = t_{pj} - (t_{oi} + t_{ij})}$$

Holguras de suceso del Pert



Holguras de actividad del Pert



Tiempos Flotantes del Cpm

- El equivalente de la holgura del Pert, es el Tiempo flotante del CPM
- El CPM considera tres tipos de tiempos flotantes:

Flotante Total

Flotante Libre

Flotante Independiente

Tiempos FLOTANTES TOTAL FT del Cpm

- El Flotante Total del CPM equivale a la Holgura de actividad del PERT.
- $FT=HA=t_{oj}-(t_{oi}+t_{ij})$
- Todas las actividades que tienen tiempos flotantes totales iguales a cero, son actividades de la Ruta Critica.
- Físicamente estas holguras corresponde al retraso máximo que puede tener una actividad sin modificar el plazo total de ejecución.

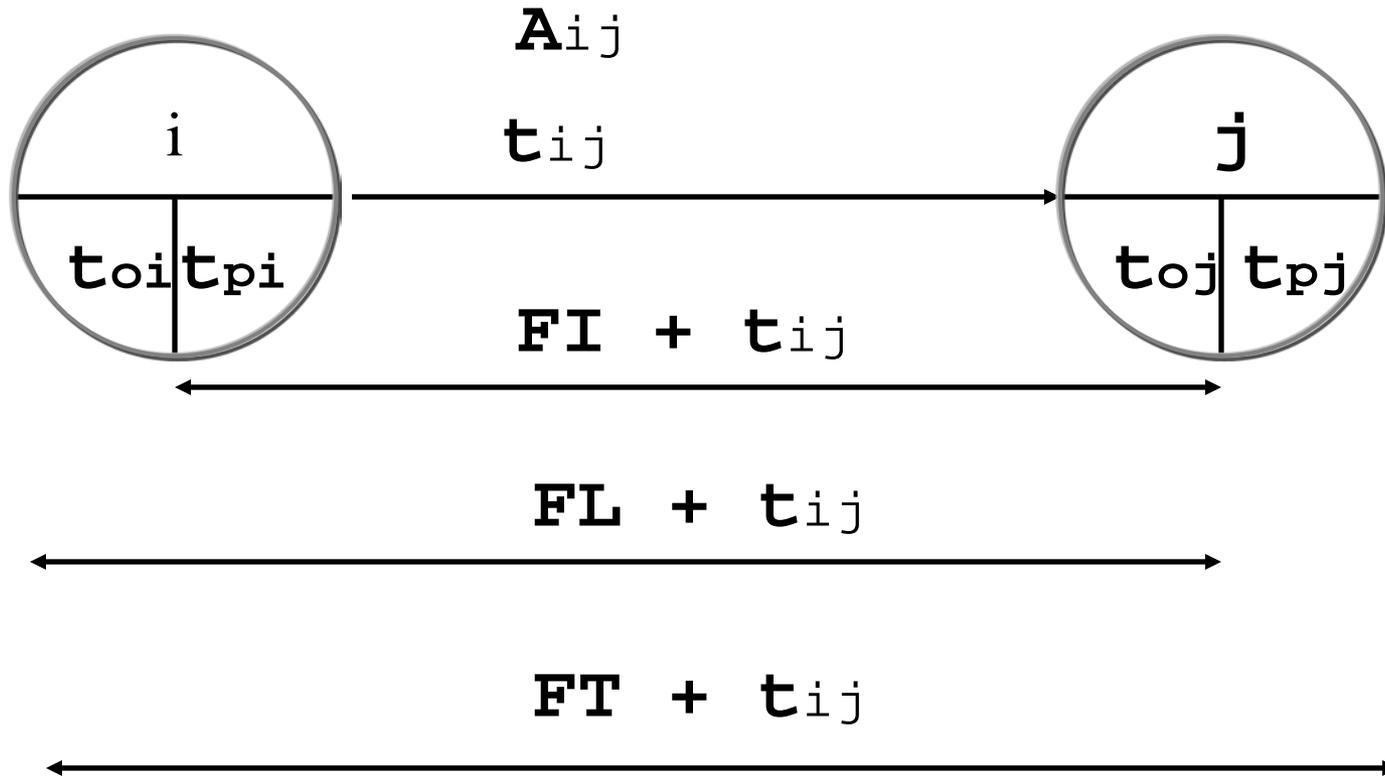
Tiempos FLOTANTES Libre FL del Cpm

- FLOTANTE LIBRE (FL): Flotante Libre es la cantidad de holgura disponible después de realizar la actividad, si todas las actividades del proyecto han comenzado en sus tiempos optimistas desde el inicio.
- $FL = t_{oj} - (t_{oi} + t_{ij})$

Tiempos FLOTANTES Independiente FI del Cpm

- FLOTANTE INDEPENDIENTE (FI);
es la holgura disponible de una actividad, cuando la actividad precedente ha terminado en el tiempo pesimista y la actividad subsiguiente a la actividad considerada comienza en el tiempo optimista.
- $FI = t_{oj} - (t_{pi} + t_{ij})$

Resumen de Tiempos Flotantes Cpm



Crterios para acortamiento de la duraci3n del proyecto

- Para reducir la duraci3n total del proyecto, es preciso acortar las duraciones en las actividades criticas.
- El procedimiernto es el signte:
 1. Calcular los tiempos optimistas y pesimistas para comenzar y terminar una actividad.
 2. Determinar las holguras de actividad o flotantes totales.
 3. Identificar la Ruta Critica.
 4. Analizar cuales de las actividades criticas se pueden acortar.

SESION 5 : ESTADISTICA - BASE DEL PERT

Objetivo: Fundamentos de la estadística necesaria para aplicar el Pert en obras y proyectos.

- La estadística
- Universo o población de valores
- Frecuencia
- Probabilidad

Estadística base de la programación pert

- La estadística
- Universo o población de valores
- Frecuencia
- Probabilidad
- Histograma
- Tabla de frecuencias absolutas.
- Histograma de frecuencias
- Curvas de frecuencias
- Distribución de probabilidades
- Estudio de una distribución
- Las medidas de posición.

Estadística y probabilidades

- CPM está orientado a tiempos estimados determinísticamente
- PERT está orientado a tiempos estimados probabilísticamente
- PERT=> $T_e = (T_o + 4T_i + T_p) / 6$
- T_o =tiempo optimista
- T_i = valor modal de la distribución
- T_p =tiempo pesimista
- Con distribución \blacksquare , chance 50%-50%

Estadística y Pert

- El Pert se apoya en los métodos Probabilísticos para determinar el grado de incertidumbre de la ocurrencia de sucesos.
- Por tal razón, previamente revisaremos los conceptos fundamentales de la Estadística, lo cual facilitará comprender las fórmulas de valoración de las variables del Pert.

Estadística y Pert

- LA ESTADÍSTICA; Es la rama de las matemáticas que tiene por objeto el análisis de los datos numéricos aleatorios (estadísticos) y suministra la técnica precisa para su interpretación.
- UNIVERSO O POBLACIÓN DE VALORES: Es el conjunto de todas las observaciones posible sobre lo que se esta investigando y muestra las peculiaridades de cualquier conjunto finito de estas observaciones.
- Ejemplo: Cual es la probabilidad de obtener un siete en una lanzamiento de un par de dados.

Estadística y Pert

- LA FRECUENCIA (f): Representa el número de veces que aparece un suceso dentro de un determinado valor numérico de una población.
- PROBABILIDAD $p(x)$: Definido en términos de frecuencia relativa: "Si en n ensayos resulta i resultados favorables del suceso x y si n es suficientemente grande, la probabilidad favorable del suceso será:
- $p(x) = i/n$

Ejemplo, lanzamiento de dados:

- Existen 6 combinaciones posibles para obtener un 7 al lanzar un par de dados:
- | 1er dado | 2do dado |
|----------|----------|
| 1 | 6 |
| 2 | 5 |
| 3 | 4 |
| 4 | 3 |
| 5 | 2 |
| 6 | 1 |
- Son seis posibilidades por cada dado, es decir 36 posibilidades de formar grupos con dos dados.

Ejemplo, lanzamiento de dados:

- Entonces tenemos que:
- $t=6$; $n=36$
- $P(x)=6/36=0.1666$
- Por tanto, si se lanzan 100 veces los dados podemos decir, con cierta certeza que 17 veces saldrá el número 7.

Histograma:

- Un Histograma es la representación gráfica de la distribución de frecuencias.
- Para estudiar un conjunto de datos se deben agrupar por intervalos y tabular.
- Esto permite que se pueda ver fácilmente como se distribuyen sobre su respectivo intervalo y el grado de dispersión de los mismos.

Ejemplo de histograma:

- Un jefe de la unidad de Investigación y desarrollo desea conocer el tiempo que demandaría desarrollar un nuevo producto industrial
- los proyectistas le respondieron a su encuesta así:
- | n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|---|---|---|---|---|---|
| P1 | a | f | d | g | h | j |
| P2 | b | h | d | a | j | a |
| P3 | a | c | f | a | c | b |

Tabla de frecuencia absolutas

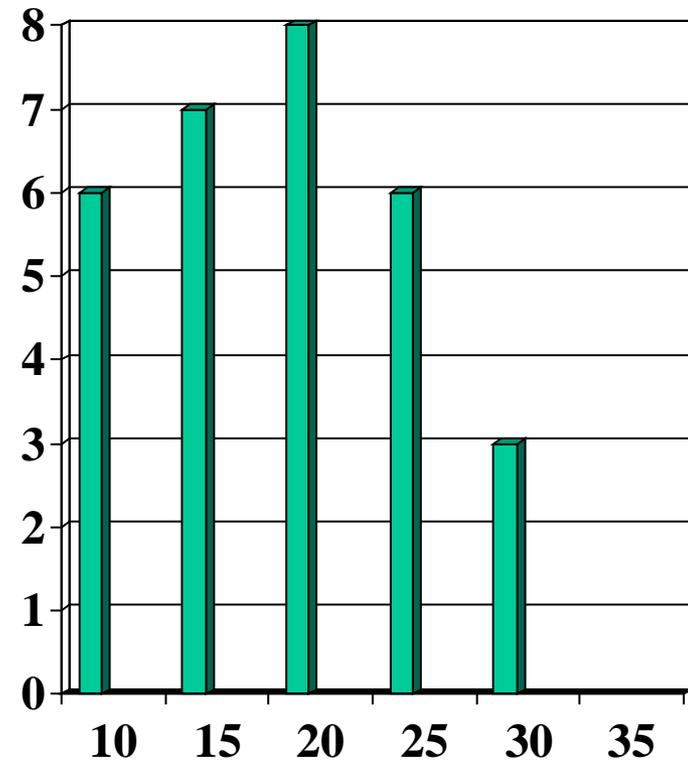
- Un jefe de la unidad de Investigación y desarrollo desea conocer el tiempo que demandaría desarrollar un nuevo producto industrial
- los proyectistas le respondieron a su encuesta así:
- | n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|---|---|---|---|---|---|
| P1 | a | f | d | g | h | j |
| P2 | b | h | d | a | j | a |
| P3 | a | c | f | a | c | b |

Tabla de frecuencia absolutas

Duración estimada x	Frecuencia y
10	6
15	7
20	8
25	6
30	3

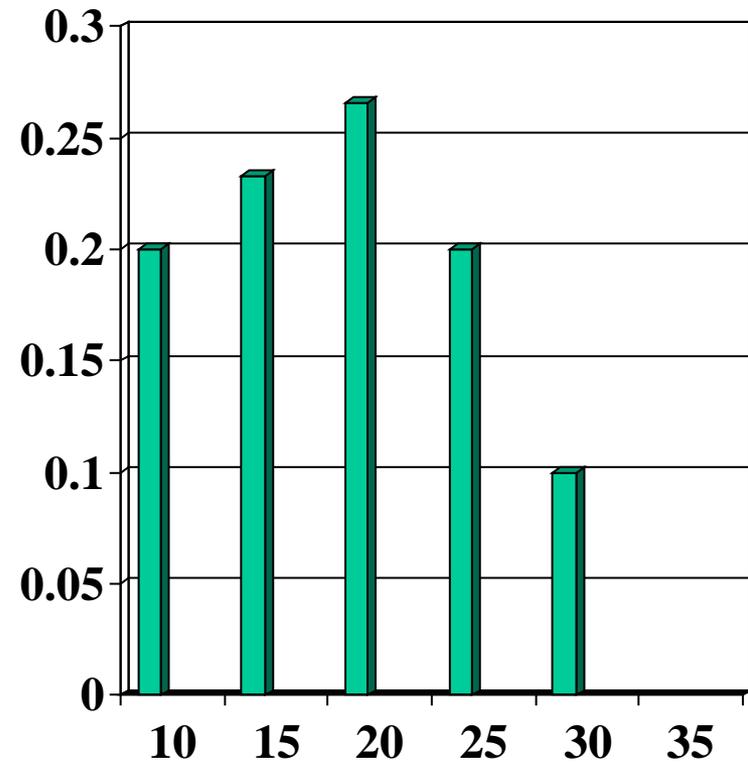
Histograma de frecuencias

Duracion estimada x	Frecuencia y
10	6
15	7
20	8
25	6
30	3

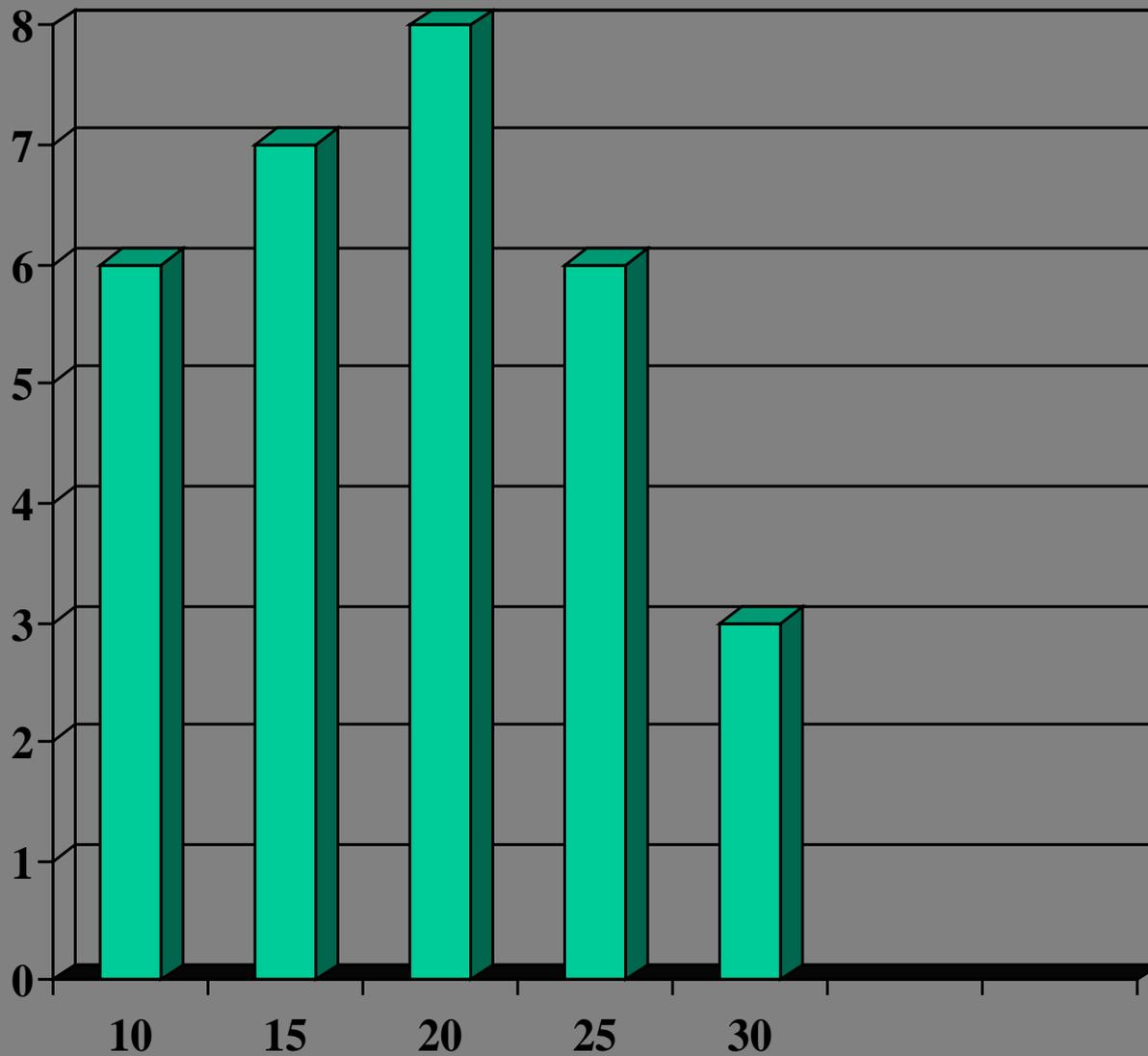


Distribucion de probabilidades

Duracion estimada x	Frecuencia fy
10	0.200
15	0.233
20	0.266
25	0.200
30	0.100
	1.000



Histograma de frecuencias



■ frecuencia

ESTUDIO DE UNA DISTRIBUCIÓN

- Para describir la posición de una población alrededor de la tendencia central de un histograma, es preciso conocer la dispersión de cada elemento alrededor de la moda.
- Para estudiar la dispersión es preciso conocer:
 - 1.- Las medidas de posición y
 - 2.- Las desviaciones.

LAS MEDIDAS DE POSICIÓN

- permiten dar una idea estática de la posición de la Distribución.
- Las medidas de posición son: las medias, la moda y la mediana.
- Media Aritmética Simple (), solo es aplicable a casos simples y su determinación se hará con la formula:

$$\mu_{as} = \frac{x_1 + x_2 + x_n}{n} = \frac{\sum X_i}{n}$$

=18.33 días

LAS MEDIDAS DE POSICIÓN

- Media Aritmética ponderada, conduce a menor error cuando las frecuencias son variadas:
- Aplicar la formula:

$$\mu_{ap} = \frac{x_1 f_1 + x_2 f_2 + x_n f_n}{f_1 + f_2 + f_n} = \frac{\sum X_i f_i}{\sum f_i}$$

=18.33 días

LAS MEDIDAS DE POSICIÓN

- Moda (m), es el suceso que más se repite. Para el caso $m=20$
- Mediana, es la medida central, o un valor interpolado que divide a la curva de distribución en dos partes iguales.

LAS DESVIACIONES

- Ayudan a medir la dispersión de los valores dentro de una distribución de probabilidades.
- La dispersión podrá ser medida por: el rango, la varianza y la desviación tipo (o standard).
-
- El Rango, Es la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo,
- En nuestro ejemplo:
- Rango - $(30-10)$ días = 20 días

LAS DESVIACIONES

- La Varianza (sigma cuadradoí), es una medida de la desviación respecto a la media que puede ser positiva o negativa y que según la definición de la media aritmética la suma de todas las desviaciones será nula

LAS DESVIACIONES

- Si u_a es la media aritmética la desviación será: $X_i - u_a$
- Si elevamos dichas desviaciones al cuadrado convertiremos todos los valores negativos en números positivos y su suma total no será nula, $(X_i - u_a)^2$
- Si dividimos esta expresión por el número de elementos que constituyen la distribución obtendremos la varianza.

$$\sigma^2 = \frac{\sum (X_i - \mu_a)^2}{n}$$

LAS DESVIACIONES

- La desviación tipo es una medida de dispersión, si es grande indica gran dispersión, si es pequeña indica poca dispersión:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (X_i - \mu_a)^2}}{n} = \sqrt{\sigma^2}$$

SESION 6 : PROBABILIDAD DE TERMINACION DEL PROYECTO

Objetivo: determinar la probabilidad de terminar el proyecto en un plazo dado.

- Duración de Proyecto TP
- Duración propuesta o exigible del proyecto
- Margen del tiempo

Estimación de la duración y terminación de una actividad e incertidumbre de su cumplimiento

- Duración de una actividad: optimista(a), pesimista(b), más probable(m)
- Duración media de una actividad (t_e)
- Certeza del valor de t_e
- Cálculo de la incertidumbre de t_e
- La varianza

Duración de una actividad

- Duración optimista(a): período de tiempo más corto para ejecutar una actividad
- Duración pesimista(b): período de tiempo más largo para ejecutar una actividad
- Duración más probable(m): estimación más realista del período de tiempo para ejecutar una actividad

Duración media de una actividad

- La Duración media de una actividad , tiempo esperado o duración prevista (t_e) está determinada en base a las tres duraciones con la siguiente fórmula:
- $t_e = (a + 4m + b) / 6$

Certeza del valor de t_e

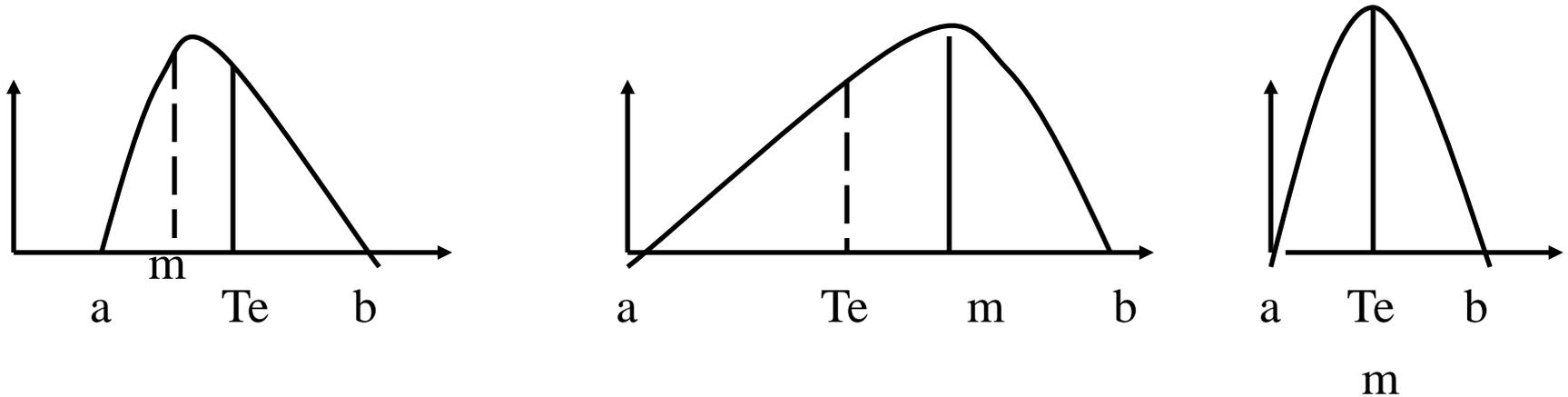
- El valor de t_e es el valor de la distribución beta (se comporta como mediana), divide al área de probabilidades en dos partes de 50% y su ubicación respecto a la moda m nos lleva a deducir los siguientes:
- Cuando la duración media t_e calculada es mayor que la duración más probable (m) está tiende a la duración optimista a , dando lugar a una distribución asimétrica a la izquierda; implica que $a_m > m_b$.
- La duración más probable m siempre coincide con la moda de la distribución.

Certeza del valor de t_e

- Cuando la duración media t_e calculada es menor que la duración más probable (m) está tiende a la duración pesimista b , dando lugar a una distribución asimétrica a la derecha; implica que $a m < m b$.
- Cuando la duración media t_e calculada es igual a la duración más probable (m) está dará lugar a una distribución asimétrica
- La duración más probable m siempre coincide con la moda de la distribución.

Cálculo de la incertidumbre t_e

- La medida adecuada para expresar la incertidumbre de T_e es la varianza de la distribución de probabilidades



Ejemplo: certeza de T_e

- Calcular la duración del proyecto
- Determinar la Probabilidad de terminar en 52 días
- Si queremos probabilidad de 97% en terminar, determinar T_e
- Determinar la probabilidad de terminar 3 días antes o 3 días después de la fecha esperada media T_p

Costo y duración óptima de un proyecto con Pert-Cpm

- Costo directo
- Costo normal
- Costo tope
- Costo indirecto
- Costo total
- Multas
- Premios
- Unidades monetarias
- Relación entre duración y costo directo de un proyecto

Costo y duración óptima de un proyecto con Pert-Cpm

- Costo directo
- Costo normal
- Costo tope
- Costo indirecto
- Costo total
- Multas
- Premios
- Unidades monetarias
- Relación entre duración y costo directo de un proyecto

Costo y duración óptima de un proyecto con Pert-Cpm

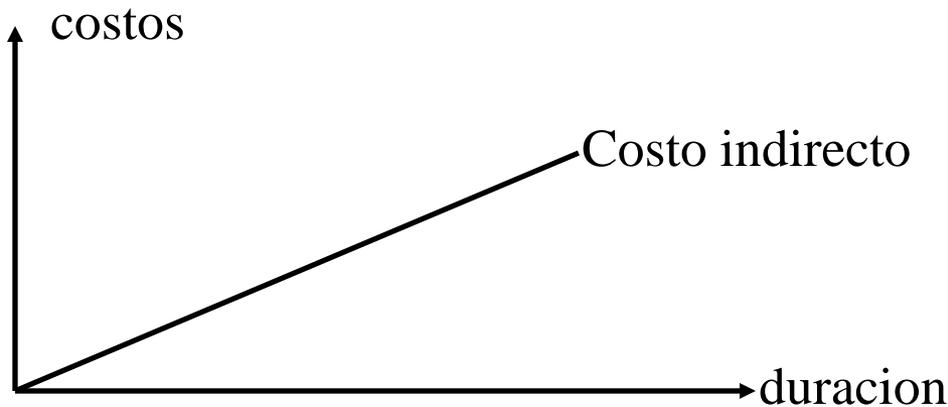
- Costo directo (CD): Conformado por el valor de los insumos consumidos directamente en la actividad productiva : materiales, equipos, mano de obra. Puede ser costo normal o costo tope dependiendo del desarrollo de la actividad
- Costo normal (CN): costo de la actividad, cuando se ejecuta bajo condiciones normales
- Costo tope (CT): costo máximo o mayor de la actividad, al disminuir la duración de la actividad al límite posible

Costo y duración óptima de un proyecto con Pert-Cpm

- Costo indirecto (CI): son los costos derivados de la estructura organizativa de la obra u empresa y son directamente proporcionales al tiempo (sueldos, alquiler de local, etc)
- Costo total (CT): sumatoria de costos directos e indirectos
- multas: pago contractual por atraso en entregar la obra
- Premios: beneficio económico contractual o financiero por entrega anticipada de obra

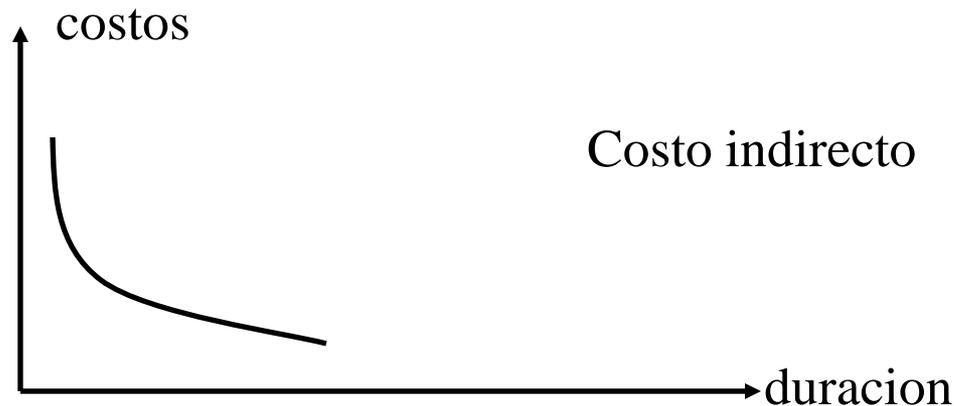
Relación entre costo indirecto y duración de una obra o proyectos

- Los costos indirectos son directamente proporcionales al tiempo de duración del proyecto.



Relación entre costo directo y duración de una obra o proyectos

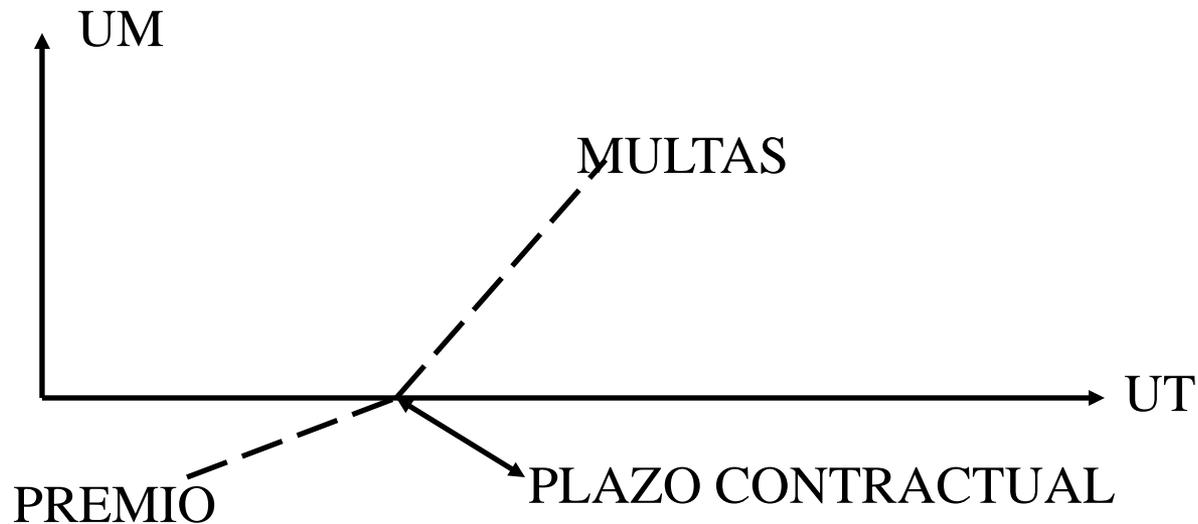
- Los costos directos son inversamente proporcionales al tiempo de duración del proyecto.



- Si queremos demorar menos una actividad debemos invertir en más recursos

Premios y multas en obras

- Los costos indirectos son directamente proporcionales al tiempo de duración del proyecto.



Pendiente de costos directos de una actividad

- La pendiente representa el incremento del costo directo por unidad de tiempo

$$\Delta ij = (c_n - c_t)_{ij} / (t_n - t_t)_{ij}$$

- Duración normal $T_n = 12$ días
- Costo normal $C_n = \$ 20.5$
- Duración tope $= 8$ días
- Costo tope $C_t = 30.5$ \$/día
- Pendiente $= -2.5$
- Es decir al acelerar (disminuir) un día el trabajo, el costo directo aumenta en 2.5

SESION 7 : ACELERACION DE UN PROYECTO EN FUNCION DEL COSTO

Objetivo: determinar la aceleración de un proyecto

- Acciones para acelerar un proyecto
- Criterio de elección de actividades para acelerar

Introducción al concepto de acelerar la ejecución

- Supongamos que el tiempo normal de ejecución de una actividad es 30 días, empleando como recursos 2 máquinas y 2 operarios, con turno de 8 horas diarias.
- Si queremos acelerar el tiempo de ejecución tenemos varias alternativas:
- Trabajar con 4 máquinas y 4 operarios, requerimos 15 días.
- Trabajar con 8 máquinas y 8 operarios, requerimos 10 días
- Trabajar con 16 máquinas y 16 operarios requeriría 25 días (ley de crecimientos decrecientes al incrementar los recursos)
- Por tanto se debe buscar el óptimo.

Acciones posibles para la aceleración de un proyecto en función del costo

- Programar sobretiempos al personal asignado a la actividad
- Asignar más personal a las labores
- Programar doble turno de trabajo
- Utilizar maquinaria de mejor rendimiento
- Uso de tecnología más avanzada
- Nuevas técnicas de ejecución
- Emplear personal más experimentado, mayores salarios
- Incentivos y premios al personal

Criterio de elección de actividades para acortar la duración del proyecto

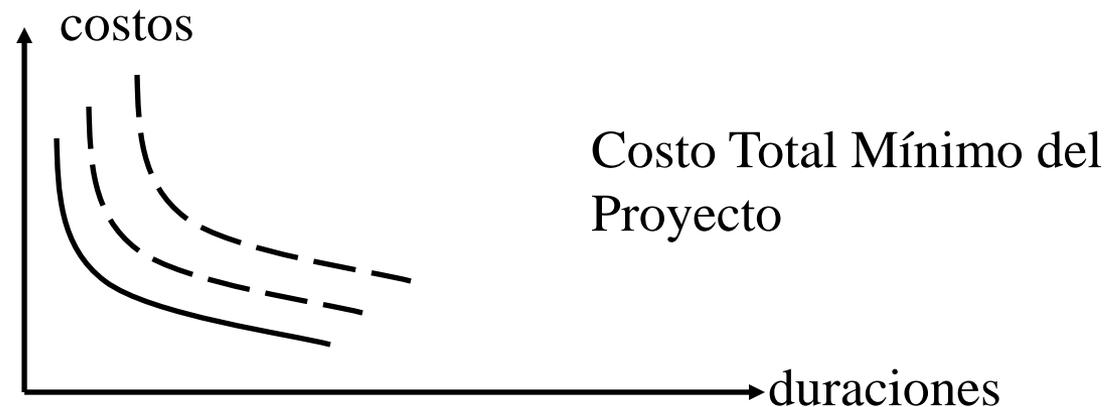
- Para reducir tiempos, seleccionar a las actividades que forman la ruta crítica
- Elegir entre las actividades señaladas las de menor incremento de costo por unidad de tiempo (pendiente)

Metodología para aceleración de un proyecto en función del costo

- Seleccionar un criterio (procedimiento) para acortar la duración del proyecto
- Determinar la curva del costo directo total mínimo mediante compresiones sucesivas de las actividades
- Elección de la programación óptima

Curva de costo total Mínimo

- Mediante compresiones sucesivas de las actividades del proyecto, obtenemos el costo total para cada alternativa.



- Seleccionar la curva de costo total mínimo del proyecto

SESION 8 : ASIGNACION Y NIVELACION DE RECURSOS

Objetivo: Asignar y nivelar los recursos de la obra, como personal y maquinaria.

- Conceptos de Asignación de recursos
- Perfil funcional
- Duración de las actividades
- Asignación de Recursos humanos

Conceptos de asignación de recursos

- Para ejecutar un proyecto, empleamos recursos como mano de obra, maquinaria, y materiales.
- Unos están más disponibles que otros según la naturaleza del proyecto, la empresa, el presupuesto, etc.
- El problema es como optimizamos la asignación de recursos para que el proyecto se culmine a tiempo y al menor costo.

Método del Perfil funcional

- Uno de los métodos para asignación de recursos, es el propuesto por Norden de la I.B.M.
- El Perfil Funcional es una gráfica obtenida mediante la sumatoria en la unidad de tiempo de los recursos necesarios para ejecutar las actividades del proyecto

Método del Perfil funcional

- Mediante la información del metrado y cálculo de la duración de cada tarea, se precisan y cuantifican los recursos requeridos
- Luego se disponen las actividades en su orden de ejecución en el tiempo.
- Se hace la sumatoria de actividades en cada período.
- Se distribuyen los recursos entre dichas actividades, obteniéndose el gráfico del Perfil Funcional.

Estimación del D_{ij} y T_{ij}

- Los cálculos serán efectuados considerando el tiempo estimado de la actividad y el rendimiento normal de una cuadrilla

$$DU_{ij} = (MA) / (RC)$$

$$T_{ij} = (DU) / (N^{\circ} \text{ cuadrillas})$$

Estimación de la Duración de la actividad

- DU= días de trabajo requeridos por la actividad
- MA=metrado de la actividad=volumen de producción
- RC=rendimiento de la cuadrilla

$$DU_{ij} = (MA)/(RC)$$

Estimación de la duración unitaria de la actividad

- T_{ij} = duración de la actividad
- DU = días de trabajo requeridos por la actividad
- N° cuadrillas = según se requieran y se dispongan como recursos

$$T_{ij} = (DU) / (N^{\circ} \text{ cuadrillas})$$

- Considerar DU se calcula en base a los recursos disponibles y que el T_{ij} debe ser ajustado a los requerimientos de la red

Asignación de Recursos Humanos

- Efectuar el metrado de cada actividad o partida (MA)
- Determinar en tablas estandarizadas el rendimiento de cada cuadrilla
- Se calcula con la fórmula DU, los días de trabajo requeridos
- Con la programación y cálculos en la red determinar t_{ij} y ajustarlo al de la fórmula T_{ij}
- Determinar con la fórmula F_{ij} , el factor de multiplicación de recursos
- Multiplicar el factor f por la cuadrilla PC

Asignación de Recursos Humanos

- Efectuar el metrado de cada actividad o partida (MA)
- Determinar en tablas estandarizadas el rendimiento de cada cuadrilla
- Se calcula con la fórmula DU, los días de trabajo requeridos
- Con la programación y calculos en la red determinar t_{ij} y ajustarlo al de la fórmula T_{ij}
- Determinar con la fórmula F_{ij} , el factor de multiplicación de recursos
- Multiplicar el factor f por la cuadrilla PC

El problema de Nivelación de Recursos Humanos

- Se busca nivelar la cantidad de recursos sin cambio brusco de su número en el tiempo
- Tanto para personal, como equipo de ingeniería y materiales
- El Método del Camino Crítico permite la facilidad de evaluar varias alternativas para obtener un perfil funcional óptimo.

Procedimiento de Nivelación

- Preparar un diagrama de flechas preliminar
- Estimar los recursos requeridos para cada actividad y el tiempo de c/u
- Calcular las flechas normales de realización (tiempos optimistas y pesimistas) y tiempos flotantes libres
- Tabular en una grafica tipo Gantt, mostrando el inicio de cada flecha en su tiempo optimista y marcando punteado el tiempo flotante libre
- Las actividades ficticias se presentan con lineas verticales, conservando la lógica de la red

Caso de Nivelación de Recursos

l	j	símbolo	duración	operarios
0	1	A	3	2
1	2	B	7	3
2	3	C	6	5
1	4	D	4	10
3	4	E	3	4
4	5	F	5	7
5	7	G	4	3
5	6	H	5	5
6	8	I	1	3
7	6	Gf	0	0

Actividades y precedencia, caso Puente CTG

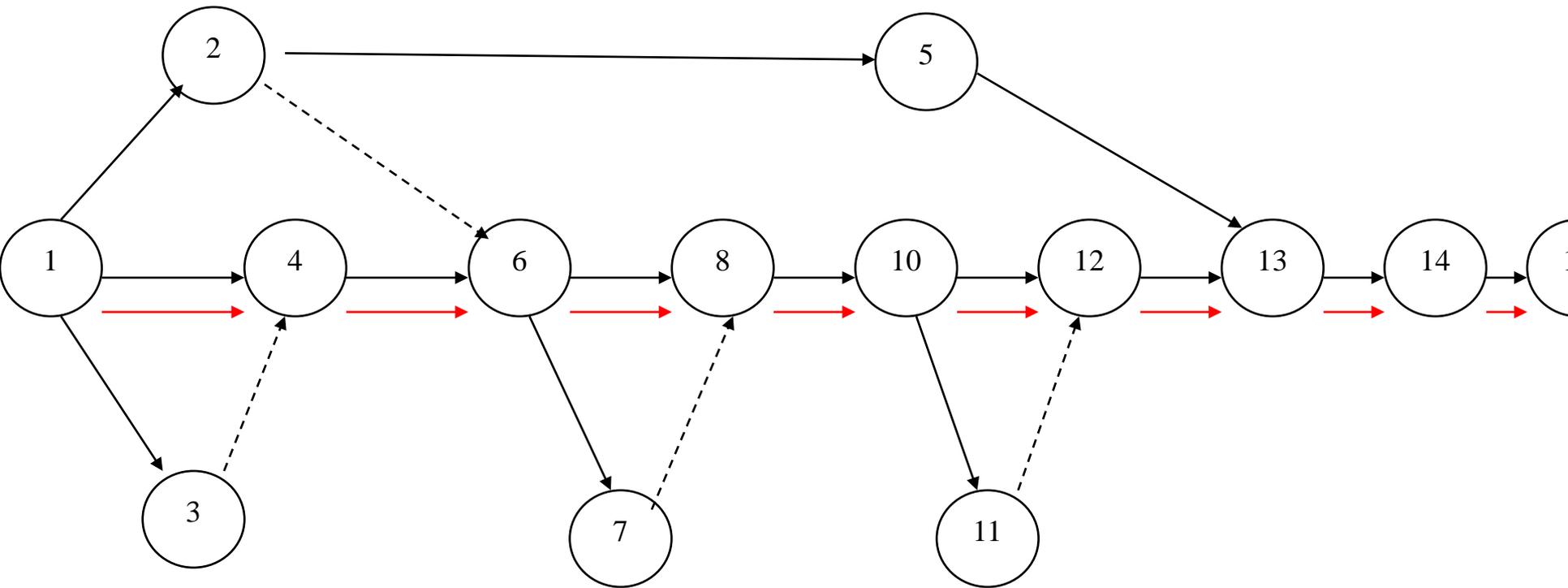
N/O	DESCRIPCION	ACTIVIDAD	DURACION	PRESEDENCIA
1	TRAZO Y REPLANTEO	A	1	—
2	ROCE Y LIMPIEZA	B	3	—
3	MOVILIZ. Y DESMOVILIZ. EQUIPO	C	2	—
4	ACONDICIONAMIENTO DE DESVIO	D	1	A
5	EXCAVACION BAJO EL AGUA	E	4	A,B
6	ELIMINACION MAT. EXCEDENTE	G	2	D,E,C
7	ENCOF. Y DESENCOFRADO DE ZAPATAS	H	5	E,C
8	ACERO DE REFRUERZO DE ZAPATA	I	4	E,C
9	CONCRETO F´c =140 Kg/cm ² P/ZAPATA	J	20	I,H
10	ENCOFDO Y DESENCONFRADO DE ESTRIBO	K	3	J
11	ACERO DE REFZO Fy 4200 Kg/Cm ² ESTRIBO	L	4	J
12	CONCRETO F´c =210 Kg/cm ² P/ ESTRIBOS	M	20	L,K
13	FABRICACION DE VIGAS Y DIAFRAGMAS	N	10	C
14	MONTAJE DE SOLDADURA Y DIAFRAGMAS	O	5	N
15	LANZAMIENTO Y MONTAJE DE VIGAS	P	2	O,M
16	PINTURA ESMALTE Y ANTICORROSIVA	Q	1	P

Actividades y precedencia

N/O	DESCRIPCION	ACTIVIDAD	DURACION	PRECEDENCIA
1	TRAZO Y REPLANTEO	A	1	—
2	ROCE Y LIMPIEZA	B	3	—
3	MOVILIZ. Y DESMOVILIZ. EQUIPO	C	2	—
4	ACONDICIONAMIENTO DE DESVIO	D	1	A
5	EXCAVACION BAJO EL AGUA	E	4	A,B
6	ELIMINACION MAT. EXCEDENTE	G	2	D,E,C
7	ENCOF. Y DESENCOFRADO DE ZAPATAS	H	5	E,C
8	ACERO DE REFRUERZO DE ZAPATA	I	4	E,C
9	CONCRETO $F'c = 140 \text{ Kg/cm}^2$ P/ZAPATA	J	20	I,H
10	ENCOFDO Y DESENCONFRADO DE ESTRIBO	K	3	J
11	ACERO DE REFZO $Fy 4200 \text{ Kg/Cm}^2$ ESTRIBO	L	4	J
12	CONCRETO $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ P/ ESTRIBOS	M	20	L,K
13	FABRICACION DE VIGAS Y DIAFRAGMAS	N	10	C
14	MONTAJE DE SOLDADURA Y DIAFRAGMAS	O	5	N
15	LANZAMIENTO Y MONTAJE DE VIGAS	P	2	O,M
16	PINTURA ESMALTE Y ANTICORROSIVA	Q	1	P

DIAGRAMA PERT-CPM

Puente CTG



TIEMPO MAS TARDÍO.....60 DÍAS

TIEMPO MAS TEMPRANO..60 DÍAS

ruta crítica.....1-4,4-6,6-8,8-10,10-12,12-13,13-14,14-15

