

Unidad de Aprendizaje N°2:

Programación de Obras.

Aprendizajes Esperados

1. Explica los principales aspectos de planificación y control de obras de acuerdo a las características del proyecto.

1. OBJETIVOS.

El objetivo de esta actividad es:

- Analizar las características y especificaciones de los métodos de programación y control de obras de acuerdo a planos y especificaciones técnicas.

2. ANTECEDENTES GENERALES.

SISTEMAS DE REDES.

En el desarrollo de los programas gerenciales, se involucró el método de la ruta crítica para su planeación y administración. Consiste principalmente, en la planeación, programación y control de un proyecto, o de un proceso, llevado a un diagrama o red, en el cual se describe las etapas del proyecto, y su relación.

Esta técnica de redes o mallas, no sólo se utiliza para la organización de trabajos, sino también para establecer control y vigilancia, en la interrelación de diferentes procesos. De igual forma, nos permite:

- Visión del desarrollo de un proyecto a lo largo del tiempo, estableciendo claramente relaciones de precedencia entre sus actividades.
- Indicar puntos críticos en el cumplimiento de los objetivos propuestos.
- Aplica medidas correctivas, luego de haber detectado los puntos críticos.
- Alternativas de planificación, para una óptima utilización de los recursos disponibles.
- Tiempos de iniciación y terminación de las etapas, sub-etapas, actividades, y sus variables.
- Duración del proyecto.
- Control del proyecto, de las etapas, sub-etapas y de las relaciones entre sus actividades.

DIAGRAMA DE BARRAS O GRÁFICO DE GANTT.

El diagrama de *Gantt*, se ha constituido en un medio fundamental para realizar no sólo la planificación en la producción industrial, como en su principio se utilizó, sino en cualquier otro tipo de actividad.

Se comenzó a utilizar para indicar una comparación entre lo programado y lo desarrollado o ejecutado realmente; en un principio se usó para cuantificar y controlar avance en tiempo, rendimiento de obreros y maquinaria.

Los datos incluidos en el diagrama, varían con relación al tipo de trabajo; por eso, es diferente un diagrama de barras en un:

- proceso de producción
- proceso constructivo
- proceso teórico de planeación o
- proceso administrativo.

Los datos contenidos en un cuadro de *Gantt*, están sujetos a los requerimientos de la persona que realiza el programa o proyecto, en una manera diferente y personalizada, pero se deben seguir algunos parámetros:

- Ordenes de trabajo, que generalmente se presentan en la parte izquierda del diagrama.
- Escala horizontal de tiempos, en donde se colocan las duraciones previstas para la realización de cada orden.

Entre las desventajas más sobresalientes del diagrama de barras, y que favorecen el uso de redes, están las siguientes:

- Es un elemento básicamente de control. La actualización permanente que requiere el gráfico, hace que este sea un instrumento más de control que de planeación.
- Presentan actividades que ocurren en secuencia cuando coinciden la fecha de terminación de unas actividades y de la iniciación de las que siguen, pero a la vez otras que se traslapan, sin que en ningún caso se precise la magnitud del trabajo indicado, ni lo que ocurre en un momento determinado.
- A mayor número de actividades, menos se puede precisar su interrelación.
- La subdivisión de actividades, para una más fiel representación del trabajo.
- Se realizan simultáneamente planificación y programación, conduciendo muchas veces a tareas con tiempos irreales.

Actividades	Semanas														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1 Instalación faenas		X	X												
2 Cierre Perimetral		X	X												
3 Movimiento de Tierra y demoliciones															
Escarpe terreno natural			X												
Relleno Compactado			X	X											
4 Trazado y niveles				X											
5 Fundaciones equipos															
Excavaciones					X										
Hormigones					X	X									
6 Montaje equipos						X	X	X	X	X	X	X			
7 Fundaciones galpón															
Excavaciones						X									
Hormigones						X	X								
8 Montaje Galpón							X	X	X	X	X				
9 Hormigones Sistema Transporte Biomasa															
Excavaciones							X								
Hormigón losa							X	X							
10 Montaje Sistema Transporte Biomasa													X	X	X
11 Parrón de cañerías															
Excavaciones							X	X							
Fundaciones							X	X	X						
Montaje Líneas										X	X	X	X		
12 Sub estación eléctrica y malla tierra				X	X	X	X	X							
13 Instalación eléctrica								X	X	X	X	X	X	X	X
14 Aislación											X	X	X	X	X
15 Prueba hidráulica y acumulación													X	X	
16 Puesta en marcha														X	X
17 Caminos de Acceso															
Escarpe terreno natural					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Relleno Compactado					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
18 Varios				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Método Pert.

El método PERT, o Técnica de evaluación y revisión de programas (*Program Evaluation and Review Technique*), fue desarrollado como consecuencia de los estudios e investigaciones realizados por la Marina Americana, en los últimos años de la década de los 50, más concretamente en el año de 1958, para agilizar la construcción del cohete *Polaris*.

Trabajaban en el proyecto más de 3000 contratistas y agencias independientes y la tarea de coordinación era de gran complejidad, pues comprendía también sub-proyectos. Esto implicaba que pequeños contratistas pudieran demorar la entrega de una pieza pequeña, afectando el tiempo previsto para el conjunto del proyecto, con lo cual afectaban las esperanzas de terminar el proyecto en las fechas propuestas.

Con la asesoría de las firmas *LOCKHEDD*, *AIRCRAFT*, *ALLEN* y *HAMILTON*, se solicitaron propuestas de desarrollo de un programa con características especiales de incertidumbre.

Este grupo, desarrolló el método PERT.

Inicialmente el PERT, se utilizó en investigaciones militares, pero en los años de 1961 y 1962, se amplió su objetivo inicial y se involucró a la mano de obra y a los costos en 1963, se integró con la ingeniería de sistemas, para considerar en forma conjunta, la programación, los costos y la ejecución, de cualquier proyecto.

Como este método supone que el tiempo requerido para realizar las actividades de un proyecto no repetitivo no se conoce en forma anticipada, se incorporan las probabilidades en el análisis de sus tiempos, y el concepto de valor esperado para estimar la duración total de todo el proyecto. El método PERT supone que las actividades y sus relaciones en la red, están bien definidas, pero le da cabida a la incertidumbre en sus duraciones, y es por eso que este método trabaja con estimativos de tiempos, por lo cual se le conoce como un Sistema probabilístico o estadístico.

Debido a este factor, a cada actividad se le hacen tres estimativos de tiempos, que son:

- Tiempo optimista.
- Tiempo pesimista.
- Tiempo más probable.

Una de las características que debe tener un proyecto PERT, es que debe de ser un proyecto unitario es decir que tenga una finalidad específica y no repetitiva. Es un método que posee dificultades para la realización de traslapes de tiempos.

Método CPM

El método CPM, Método de la Ruta Crítica (*Critical Path Method*), fue desarrollado en Estados Unidos por la empresa *E.I. Dupont*, es muy parecido al PERT y más aún contemporáneos. En 1956, la firma *Dupont de Nemours* realizaba proyectos de construcción y ampliación de sus fábricas.

Se interesó en obtener el mejor rendimiento que pudiera alcanzarse en sus proyectos, empleando los más recientes sistemas administrativos y obviando las dificultades que presentaba el diagrama tradicional de *Gantt*.

Se buscó la cooperación de la *Remington Rad*, y fueron *Morgan Walker* de la *Dupont* y *James E. Kelley* de la *Remington* quienes dirigieron la investigación, con la idea de que si se suministraba información sobre la secuencia que debían seguir las siguientes actividades, y la duración de cada una de ellas, se podrían programar horarios de trabajo. Así surgieron los principios básicos del sistema CPM.

Fue creado para satisfacer la demanda de nuevos procedimientos de dirección que permitan

ejercer control de proyectos de mayores dimensiones y complejidad. Aunque es contemporáneo del PERT, la diferencia entre estos, es que el método CPM, no incorpora la incertidumbre en la asignación del tiempo en sus actividades, sino que éste se puede medir a través de un rendimiento, previamente evaluado y determinado.

El método CPM, trabajó sobre proyectos cuyas actividades permitían una muy precisa apreciación de su duración, porque se habían realizado alguna vez; por ejemplo, actividades de construcción, de mantenimiento.

Por esto se dice que es un método o sistema determinativo o determinístico.

Igual que el método PERT, el CPM, tiene dificultades para realizar traslapes de tiempos, aunque es más práctico que el PERT.

Los métodos PERT y CPM, fueron ideados para complementarlos con ayuda del computador, aunque pueden manejarse en forma manual, cuando se aplican a pequeños proyectos con el propósito de ampliar el manejo a un mayor número de proyectos.

REPRESENTACION GRAFICA

Para realizar la representación gráfica de los diferentes métodos de ordenamiento, encontramos el diagrama de flechas.

Diagrama de Flechas

En el diagrama de flechas encontramos dos elementos importantes:

- Actividades
- Eventos o sucesos.

Actividad

Es todo aquello que hay que hacer, o acción que hay que realizar. Una actividad es una operación, tarea o trabajo, como fabricación, ensamblaje, inspección, etc. Una actividad puede referirse a una tarea a una serie de ellas y representa un tiempo transcurrido que se mide en términos laborales como por ejemplo una semana, un día etc.

Toda actividad requiere tiempo y recursos para su ejecución. Cuando la duración estimada es distinta de cero, representa un consumo de recursos expresados generalmente en términos de la mano de obra.

En general, las actividades consumen tiempo, energía: recursos humanos y dependen del número de personas responsables y de lo elemental de su clasificación, las condiciones y localización del trabajo, costos, etc.

Su representación en los métodos PERT y CPM, es una flecha, y solamente una flecha por cada actividad.

La flecha representativa de una actividad no es un vector y su representación puede ser en una línea recta, quebrada o curva, en una sola dirección. Su orientación es de izquierda a derecha y hacen referencia a un trabajo en proceso en el tiempo.

Dentro de las actividades vamos a encontrar:

- **Actividades reales:** Son actividades que poseen tiempo, recursos y Costos mayor que cero y corresponden a las tareas de la planeación del proyecto enunciadas en su forma más simple.
- **Actividades ficticias, virtuales o artificiales:** Son actividades que se requieren para hacer la lógica y correcta indicación de la precedencia.

Resultan de la programación de las actividades reales a resolver el problema de dos actividades que salen del mismo nodo inicial y llegan al mismo nodo final, independizándolas y resolviendo problemas de identificación. Estas actividades no tienen ni duración, ni recursos, ni costos.

Actividades reales 

Actividades virtuales 

Eventos

Un evento, nudo o nodo, es un punto en el tiempo que representa la iniciación o terminación de una actividad, se encuentran separados entre sí por actividades, son instantes fijos que indican la terminación de una etapa del proyecto o la iniciación de otra.

Los eventos están representados generalmente por un círculo o por una figura geométrica cualquiera.

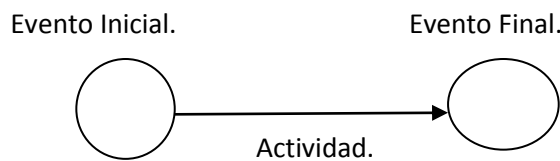
Ejemplo:



Reglas Básicas

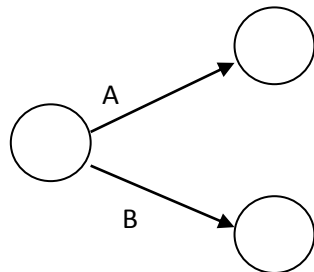
En toda actividad siempre vamos a encontrar un evento inicial y un evento final. Con los eventos y las actividades elaboramos una red o malla que es la indicación ordenada de una serie de actividades, las cuales deben ser ejecutadas en una cierta secuencia para alcanzar un objetivo específico.

La longitud de la flecha, no indica ni la importancia ni la duración de una actividad, sólo está determinada por la conveniencia del diagrama de red a realizar.

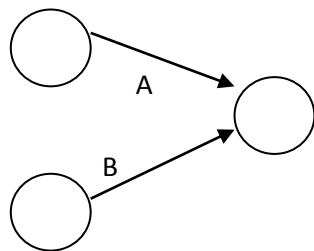


Para elaborar una red o diagrama por el sistema de flechas se deben cumplir ciertos requisitos o reglas básicas:

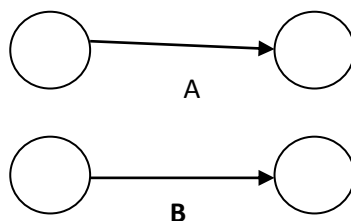
- Dos o más actividades pueden tener, el mismo evento inicial, y diferente evento final:



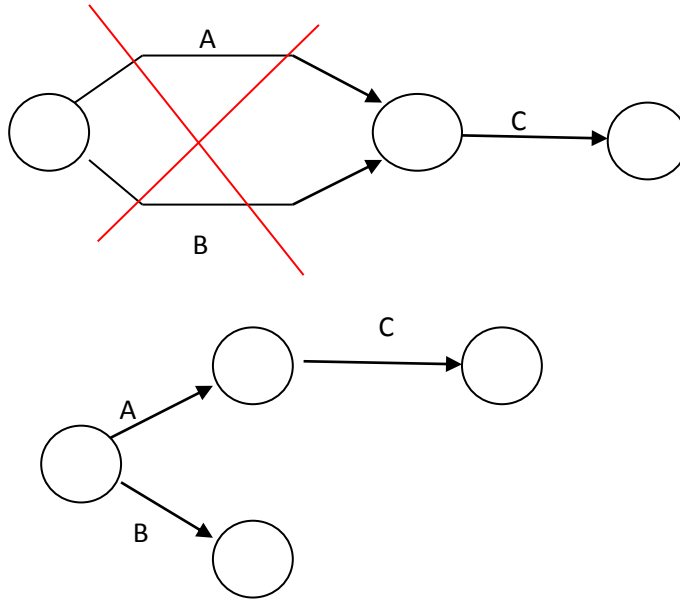
- Dos o más actividades pueden tener, diferente evento inicial y el mismo evento final.



- Dos o más actividades pueden tener, diferente evento inicial y diferente evento final.



- Dos o más actividades no pueden tener el mismo evento inicial y el mismo evento final.
Para resolver esta regla aparecen las actividades ficticias, artificiales o virtuales.



- Para realizar una red se debe hacer siempre hacia adelante, es decir hacia la derecha, arrancando siempre desde la izquierda. Toda red siempre debe tener un inicio y un final.
- Para numerar una red se inicia de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha en cada uno de los eventos, sin repetir números y procurando que en cada una de las actividades, el evento final sea un número mayor que el evento inicial, en las actividades reales. En las actividades ficticias no importa que el evento inicial tenga un número mayor que el evento final.

Para identificar la red, se toman como base los números designados a cada evento, teniendo en cuenta, que el primer número corresponde al evento inicial, y el segundo al evento final; lo anterior para cada actividad así:

(1:2) A
(2:3) B
(2:4) C
(3:5) D
(4:3) Actividad Ficticia.
(4:5) E

Tiempos.

La asignación de tiempos para cada una de las actividades que componen una red o malla en un determinado proyecto, es responsabilidad de la persona o grupo de personas, que determinaron la actividad.

Cada proyecto, para su ejecución, requiere entrada de recursos tales como:

- Mano de obra
- Materiales
- Equipo
- Tiempo y
- Financieros.

También se necesita la tecnología para poder desarrollar la actividad y la experiencia en labores relativas a la misma.

Las entradas de recursos, pueden hacerse, en bases de jornada completa o parcial durante períodos de tiempo especificados, o intermitentemente durante n periodo de tiempo dado, por ejemplo, tal como se necesite, pero con una entrada mínima específica durante el proyecto.

Programación Pert-CPM.

Se basa en:

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

En el Grafo PERT - CPM cada una de las actividades de un proyecto se representa mediante flechas orientadas.

Las flechas se enlazan entre sí 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.

Actividades Ficticias.

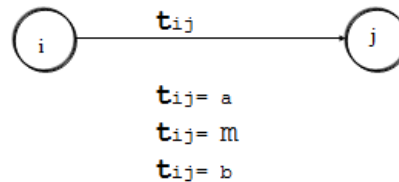
La correcta enumeración de los sucesos, permite identificar las diferentes actividades mediante los sucesos de inicio (i) y termino (j).

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.

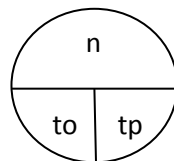
Duración de una Actividad.

- 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

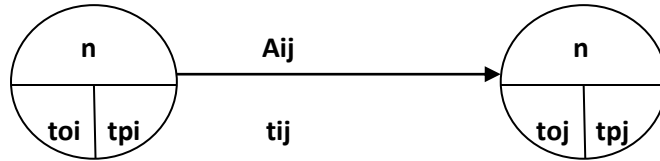


Representación de tiempos para comenzar y terminar una actividad

- Número del Suceso (n)
- Tiempo optimista para iniciar o terminar (t_o)
- Tiempo pesimista para iniciar o terminar (t_p)



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



Tiempos optimistas.

- La primera actividad se inicia con cero.
- Si en un suceso termina solo una actividad, aplicar la fórmula $toj = toi + tij$.
- Si en un suceso terminan varias actividades, aplicar la fórmula $toj = \max (toi + tij)$

Tiempos pesimistas.

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

Tiempo más Probable.

- 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
- Asimismo qué actividades pueden demorar para reasignar recursos de ser necesario.

3. DESARROLLO

Desarrollar un estudio de investigación acerca de las aplicaciones de los Métodos de Carta Gantt y Pert-CPM en la construcción, y efectuar la programación de las fundaciones de una casa empleando estos sistemas de programación.

4. INSUMOS

Materiales.	Unidad.	Cantidad.	# Alumnos.
Papel bond doble carta	resma	1	20

5. EQUIPAMIENTO

Equipos.	CANTIDAD	N° MAX ALUMNOS
Data Show.	1	20
Computador	1	20
Sala de computación.	1	20

6. BIBLIOGRAFÍA.

- Solminhact, Hernán Thenouxz, Guillermo Procesos y Técnicas de Construcción, Santiago, ediciones Universidad Católica de Chile, 1998.
- Guzmán, Euclides, Curso Elemental de Edificación, Curso de Construcción General. Santiago, Facultad de Arquitectura de la Universidad de Chile, 1996.
- Estudio de Precios Unitarios, Comisión Nacional de Riego, 1999, http://www.cnr.gob.cl/opensite_20041126124509.aspx
- Superintendencia de pensiones, <http://www.safp.cl/portal/regulacion/582/w3-propertyvalue-5945.html>
- Monografías CEAC. De la Construcción. Presupuesto para la construcción. España, Ediciones CEAC, S.A., 1990.