
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

METODOS MODERNOS DE PROGRAMACION

TESIS

Presentada a la Honorable Junta Directiva
de la Facultad de Arquitectura

por

Mario Augusto Martínez Miralbés

Al conferírsele el título de

ARQUITECTO



FACULTAD DE ARQUITECTURA

Guatemala, noviembre de 2001

82
T(1004)

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA

Decano :	Arq. Rodolfo Alberto Portillo Arriola.
Vocal Primero:	Arq. Edgar Armando López Pazos.
Vocal Segundo:	Arq. Jorge Arturo González Peñate.
Vocal Tercero:	Arq. Hermes Marroquín.
Vocal Cuarto:	Br. Damaso Rosales.
Vocal Quinto:	Br. Nery Barahona.
Secretario:	Arq. Julio Roberto Zuchini Guzmán.

TRIBUNAL EXAMINADOR.

Decano:	Arq. Eduardo Aguirre Cantero.
Examinador:	Arq. Fernando Salazar
Examinador:	Arq. Magali Soto
Examinador	Arq. Glenda Rodríguez
Secretario:	Arq. Heber Paredes Navas.

Asesor:	Arq. Jorge Escobar Ortiz
---------	--------------------------

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES

**JOSE AUGUSTO MARTINEZ DELEON (Q.E.P.D.)
JULIA MIRALBES DE MARTINEZ (Q.E.P.D.)**

A MI ESPOSA

MARIA DEL CARMEN ALVARADO DE MARTINEZ

A MI HIJA

ANA GUISELA MARTINEZ ALVARADO

A MIS AMIGOS

CONTENIDO

PRESENTACION.....	1
INTRODUCCION.....	1
OBJETIVOS.....	2
Generales.....	2
Específicos.....	2
Delimitación del tema.....	2
CAPITULO 1	
1. DIAGRAMA DE GANTT O DIAGRAMA DE BARRAS.....	4
1.1 Aspectos Generales o descripción.....	4
1.2 Ventajas del Diagrama de Gantt.....	5
1.3 Desventajas del Diagrama de Gantt.....	6
CAPITULO 2	
2. Otros métodos.....	7
2.1 Introducción a los métodos más usados.....	7
2.2 Que es el PERT y el CPM.....	9
2.3 Aplicaciones.....	11
CAPITULO 3	
3. Método de la Ruta Crítica, ó CPM.....	13
3.1 Historia.....	13
3.2 Generalidades.....	13
3.3 Definiciones.....	14
3.3.1 Planificación.....	14
3.3.1.1 Listado de Actividades.....	18
3.3.1.2 Volúmenes de trabajo.....	18
3.3.1.3 Diagrama de flechas.....	19
3.3.1.4 Integración de la red.....	19
3.3.2 Programación.....	19
3.3.2.1 Cálculo de los tiempos.....	20
3.3.2.2 Determinación de la Ruta Crítica.....	21
3.3.2.3 Tabulación de datos.....	23

CONTENIDO

3.3.2.4 Diagrama de barras final.....	23
3.4 Ejemplo.....	25
3.4.1 Planificación.....	25
3.4.1.1 Diagrama de nodos orientados.....	26
3.4.1.2 Elementos del diagrama.....	26
3.4.1.3 Reglas de diagramación.....	27
3.4.1.4 Programación.....	30
3.4.1.5 Tiempos más tempranos.....	30
3.4.1.6 Tiempos más tardíos.....	33
3.4.1.7 Tiempos flotantes.....	39
3.4.1.7.1 Tiempo flotante total.....	39
3.4.1.7.2 Tiempo flotante libre.....	41
3.4.1.7.3 Tiempo flotante independiente.....	43
3.4.1.7.4 Tiempo flotante programado.....	43
3.4.1.8 Determinación de la Ruta Crítica.....	44
3.4.1.9 Problema costo-tiempo.....	44
3.4.1.10 Presentación de la Ruta Crítica.....	48
3.5 Ventajas.....	49
3.6 Desventajas.....	49
CAPITULO 4	
4. Método PERT.....	50
4.1 Historia.....	50
4.2 Características.....	50
4.2.1 Diferencias con el CPM.....	50
4.2.2 Características.....	51
4.2.3 Nuevos conceptos.....	51
4.2.4 Cálculo del tiempo esperado.....	53
4.2.5 Distribución Beta.....	53
4.2.6 Desviación estándar y variancia.....	54
4.2.7 Cálculo de probabilidades.....	58
4.3 Mecánica a seguir para el desarrollo del PERT.....	58
4.4 Probabilidad de cumplir con la fecha programada.....	59
4.5 Cuadro con un ejemplo.....	60

CONTENIDO

4.6 Ventajas.....	60
-------------------	----

CAPITULO 5

5. Sistema Microsoft Project.....	61
5.1 Descripción general.....	61
5.2 Ventajas.....	61
5.3 Desventajas.....	61
5.4 Tutorial, Crear un Proyecto.....	62
5.5 Crear un Proyecto.....	62
5.6 Procedimientos para crear una buena lista de tareas.....	62
5.7 Procedimientos para estructurar la lista de tareas.....	63
5.8 Comienzo y fin de las tareas.....	63
5.9 Quien realiza el trabajo.....	64
5.10 Procedimientos para administrar los costos.....	64
5.11 Procedimientos para que el proyecto tenga el aspecto deseado.....	65
5.12 Procedimientos para personalizar las copias impresas.....	66
5.13 Procedimientos para comprobar la programación.....	66
5.14 Procedimientos para ver otros detalles de la programación.....	67
5.15 Procedimientos para cumplir las fechas límites.....	67
5.16 Procedimientos para guardar los cambios durante el proyecto.....	68
5.17 Gráfico de Gantt del ejemplo	

CAPITULO 6

6. Sistemas RAMPS.....	70
6.1 Historias.....	70
6.2 Metodología.....	70
6.3 Nivelación de recursos.....	71
6.4 Características.....	72
6.4.1 Ritmos.....	72
6.4.2 Cantidad de Trabajo.....	73
6.4.3 Ruta Crítica.....	73
6.4.4 Diagrama Escala-Tiempo.....	73
6.4.5 Factores de Control.....	74

CONTENIDO

6.4.5.1 Holgura Total.....	74
6.4.5.2 Holgura Libre.....	74
6.4.5.3 Previsión.....	75
6.4.5.4 Continuidad de Trabajo.....	75
6.4.5.5 Número de Tareas.....	75
6.4.5.6 Recursos Disponibles no utilizados.....	75
6.5 Gráfica Aplicación del Método.....	75

CAPITULO 7

7. Plan de Ejecución de Proyectos, PEP.....	76
Gráfica formulario PMS 4-1.....	77
7.1 Gráfica formulario PMS 4-2.....	78
7.2 Técnica del PEP.....	79
7.2.1 Presentación gráfica de una actividad.....	79
7.2.2 Modelo de la red ó diagrama.....	80
7.2.3 Reglas de diagramación.....	80
7.2.4 Pasos para construir una red de flechas.....	81
7.3 Matriz de secuencias.....	81
7.4 Programación de un proyecto.....	82
7.4.1 Desglose analítico.....	82
7.5 Redes de distinto nivel.....	82
7.6 Proceso de programación.....	83

CAPITULO 8

Ejemplo de aplicación del CPM, en la construcción.....	84
8.1 Planificación.....	84
8.1.1 Descripción del proyecto.....	84
8.1.2 Planos y especificaciones.....	85
8.1.3 Listado de actividades.....	85
8.1.4 Cuantificación de volúmenes de trabajo.....	89
8.1.5 Cálculo del tiempo de cada actividad.....	92
8.1.6 Elaboración del diagrama de nodos orientados.....	96
8.1.7 Cálculo de los tiempos tempranos.....	96
8.1.8 Cálculo de los tiempos tardíos.....	97
8.1.9 Determinación de la ruta crítica.....	97
8.1.10 Compresión de la red.....	100

CONTENIDO

8.1.11 Cálculo de la nueva ruta crítica.....	101
8.2 Programación.....	101
8.3.1 Diagrama calendario.....	101
8.3.2 Listado final de actividades.....	102
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	106
BIBLIOGRAFIA.....	108
ANEXO	

PRESENTACIÓN

La estructura de este trabajo de tesis, responde al interés de presentar una visión de los Programas que se utilizan para la Planificación, Programación y Control de Proyectos, lo cual es parte muy importante del quehacer arquitectónico.

Este planteamiento se hizo respondiendo a una inquietud personal de presentar al estudioso, un panorama más sencillo y claro para poder aplicar los métodos, sin tener que leer gran cantidad de Literatura, sobre el tema. Otra razón de este trabajo fue la de poder ayudar a personal de diferentes instituciones Gubernamentales, Municipales y Privadas, para que tengan un medio de información acerca de la formas de Control de Proyectos.

INTRODUCCIÓN

La realidad nacional en nuestro país, nos compromete a proporcionar herramientas técnicas, que puedan ayudar al desarrollo, en los lugares en que más se necesita y donde las personas que tienen a su cargo el control de los Proyectos que construyen en esos lugares, no tienen mayores conocimientos de estas técnicas y muchas veces no cuentan con equipos de computación o no existe la corriente eléctrica.

Los que tengan una buena infraestructura, se les facilitará el uso de métodos más modernos, para desarrollar este control de los Proyectos que puedan estar ejecutando en sus comunidades, es claro que la computadora facilita el control, o efectuar cambios, o presentación de gráficos.

Este trabajo pretende ayudar a este personal que podrá efectuar un mejor control, aunque no tenga una formación académica muy alta.

Por experiencias de trabajo, tuve oportunidad de visitar muchas Municipalidades del interior y es notorio en la mayoría la falta de equipos de computación; aunque algunos Organismos Internacionales hacen donaciones de estos equipos, todavía falta mucho por hacer.

Actualmente se está tratando de descentralizar, la ejecución de estos Proyectos, por lo que me parece que este trabajo puede llenar un vacío de información que existe en pequeñas comunidades, evitando que este personal utilice sistemas de control empíricos y vagos, que a corto plazo les traerán más problemas que ventajas, teniendo desperdicio de recursos, por no tener fechas aproximadas del uso de ellos. Además de problemas administrativos y de costos, los cuales crecerán por falta de control de aprovisionamiento en tiempo o fugas de

materiales por falta de organización en el bodegaje, amén de la masa de imprevistos que día a día tendrá que afrontar técnica y económicamente.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

1. Proporcionar un documento de consulta sobre Programación de Proyectos a estudiantes, profesionales de diversas carreras, personal de oficinas estatales, personal de Municipalidades y toda persona que esté involucrada en el control de Proyectos. Para que cuenten con una herramienta de consulta y guía para cuando tengan que participar en la planificación, programación y seguimiento de la ejecución de un Proyecto.
2. El conocimiento y la aplicación de estos métodos, para mejorar los rendimientos en las empresas de los Arquitectos.
3. Con el conocimiento de estos métodos poder tener un mayor ahorro de recursos, al tener un seguimiento al desarrollo de un proyecto.

OBJETIVO ESPECIFICOS

1. Expandir el conocimiento y el uso del Método de la Ruta Crítica, CPM, para personas interesadas en el Control de los proyectos.
2. Explicar estos métodos para que puedan ser aplicados en forma manual, sin estar apoyados por un equipo de computación.

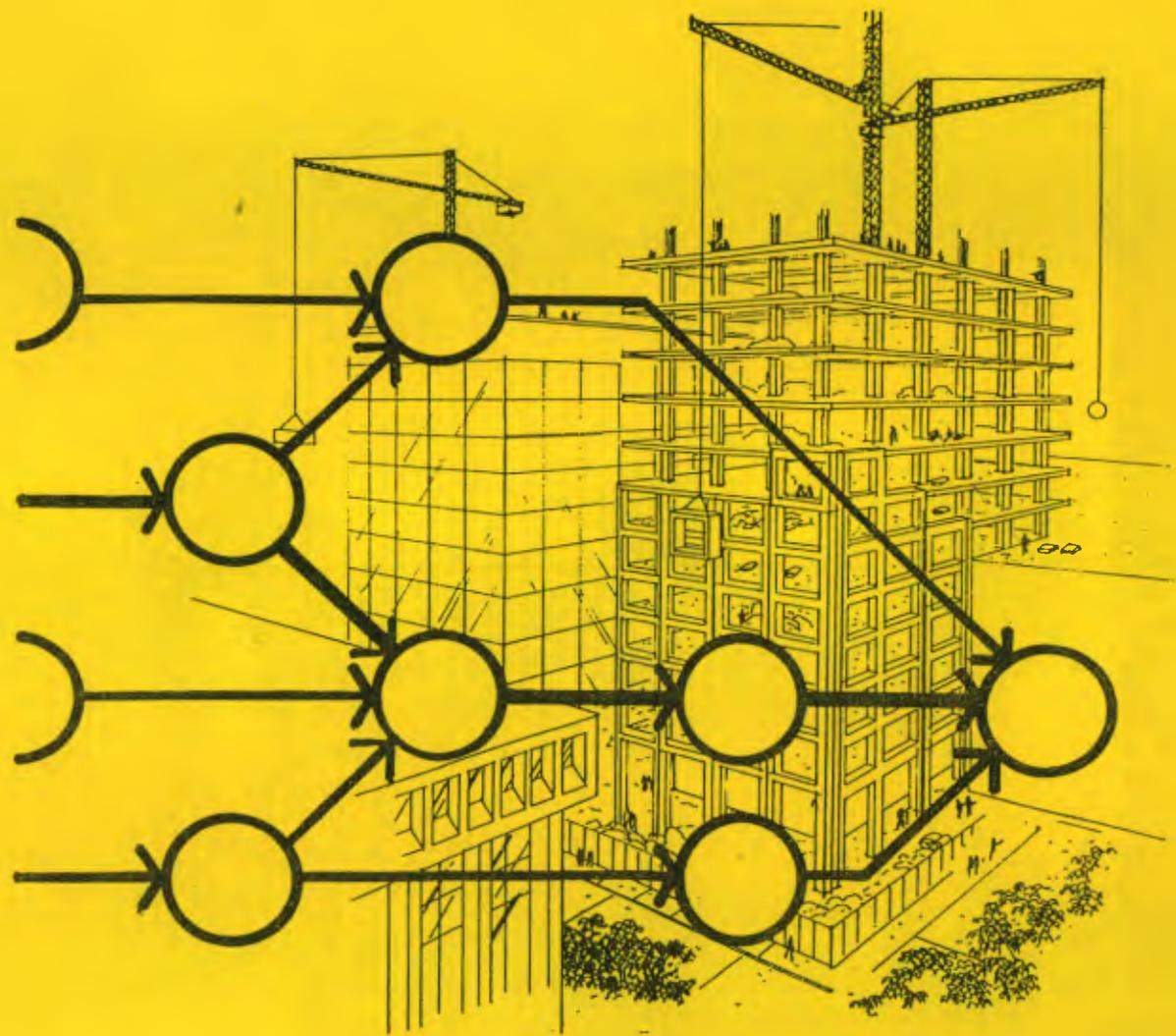
DELIMITACION DEL TEMA

Si un arquitecto, consciente de la realidad económica del medio en que se desenvuelve y la competencia existente en el campo de la arquitectura y de la construcción, necesita conocer y dominar estas técnicas para poder organizar su oficina y competir con empresas constructoras grandes, que tienen la ventaja de una mejor organización formal, pero que por lo mismo, deben afrontar gastos administrativos mayores, además de pasivos laborales que aumentan cada día.

Es importante además que todo el personal de la oficina de arquitectura, por pequeña que ésta sea, tenga conocimientos de estos métodos, para tener un mejor control a todos los niveles de decisión y trabajo que intervienen en cada proyecto.

El arquitecto y el estudiante de arquitectura deben hacer uso de estos métodos, utilizando el más indicado para cada tipo de proyecto que se les presente, es por eso que en este trabajo de tesis, presento varios de los métodos más usados. Pero sobre todo deberán de llevar un control del Proyecto, para estar constantemente retroalimentando con la información del desarrollo del proyecto y poder llevar un control del avance del mismo.

Para complementar la información de los métodos descritos en este trabajo, se desarrolla un ejemplo de una construcción de una vivienda típica, utilizando el CPM. Del métodos PEP no presento ningún ejemplo, ya que se trata de un sistema empleado por el Banco Internacional de Desarrollo (BID) y lo expongo para mostrar únicamente la variedad de usos que tienen las técnicas de redes, utilizándolo este Organismo Internacional, para uniformar la presentación de los Proyectos que les someten a su consideración para solicitar un crédito. Incluso está fuera del alcance de esta tesis, el uso de un programa de computadora para el control de los Proyectos, pero consideré importante dar una descripción breve del uso del Microsoft Project, que es el más utilizado actualmente.



CAPITULO 1
GANTT

CAPITULO 1

1. DIAGRAMA DE GANTT o DIAGRAMA DE BARRAS.

1.1 ASPECTOS GENERALES o DESCRIPCIÓN.

Antes de desarrollarse los nuevos métodos de Planificación y Control de Proyectos, solamente se contaba con un sistema basado en comparaciones gráficas de barras, que involucran por un lado tiempo y por otro actividades.

Actualmente aún es utilizado en muchas oficinas de arquitectura e ingeniería, pero se utiliza más que todo como un sistema específico de control de tiempos y avance cronológico de los proyectos y obras de construcción.

Tiene la grave limitación de ser demasiado rígido, es decir que no permite flexibilidad en los momentos en que sucede alguna variante de atraso, adelanto, sustitución o eliminación de cualquier actividad diagramada en este sistema. Cualquier variación imprevista echa por tierra la Programación diagramada, siendo necesario iniciar de nuevo todo el proceso para su corrección, con todas las consecuencias económicas y de tiempo que conlleva el rehacer la Programación diagramada. Por otra parte, el rehacerla de nuevo no implica el salvar cualquier otra eventualidad que se presente como imprevista y de nuevo se tendrá que empezar.

El costo económico humano, de tiempo que esto significa a lo largo de un proceso puede llevar al fracaso un proyecto, sobretodo aquellos que se caracterizan por estar connotados por un tiempo exacto de ejecución o de estrechez económica.

La base del procedimiento es la diagramación (Gráfica de barras).

Cada barra dibujada a una escala convencional muestra el tiempo de duración de cada renglón o actividad principal.

A cada barra se le puede adicionar otra barra paralela, en blanco, en la que se va marcando el avance físico de la ejecución de la actividad en forma diaria, semanal, mensual o de cualquier duración que se haya escogido, según sea cada caso.

Pasos para la elaboración del diagrama.

- a. Se determinan cuáles son los renglones o actividades principales que conforman el proyecto. Se les asigna a cada una de ellas un tiempo estimado, necesario para la realización de las mismas.
- b. Se prepara un cuadro de doble entrada o matriz.
En el sentido horizontal o de las ordenadas se marcan en forma de listado las actividades principales que involucra el Proyecto, siguiendo una secuencia lógica.
En el sentido vertical o de las abscisas se forman columnas dibujadas a escala conveniente en las que se colocan las unidades de tiempo, en las que se desee medir el avance o el tiempo que se empleará, pudiendo ser estas unidades años, meses, semanas, días, horas, etc.
- c. La escala de tiempo se convierte en tiempo calendario, no importando qué dimensional se vaya a utilizar. Estas unidades calendario marcarán el inicio y final de cada actividad.
Si la escala de calendarización será la de *días*, se deberán tomar en cuenta únicamente los días hábiles de trabajo, a no ser que existan mecanismos para compensar esos días como días extraordinarios de trabajo.
- d. Al utilizar este diagrama para control de avance del proyecto, se harán marcas en la barra. Estas marcas serán siempre unidades de tiempo, porcentajes o cantidades absolutas de trabajo, o bien cantidad de trabajo ejecutado a la fecha. De esta forma se podrá visualizar si la actividad en ejecución se encuentra adelantada, en tiempo o retrasada.

1.2 VENTAJAS DEL DIAGRAMA DE BARRAS.

- a. Como se puede apreciar en la gráfica del ejemplo, la mayor ventaja reside en que ilustra en forma visual al planificador, al ejecutor, al personal y al encargado de controlar, el estado de avance del Proyecto, lo cual es una gran ayuda, muy práctica e inmediata.
- b. Es un método bastante conocido y fácil de interpretar por cualquier persona del equipo de trabajo ó por el cliente.
- c. Presenta gran facilidad para efectuar controles periódicos de avance de las actividades a una fecha determinada, sin necesidad de hacer nuevos diagramas.

1.3 DESVENTAJAS DEL DIAGRAMA DE BARRAS COMO METODO DE PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS.

- a. El diagrama de barras sólo indica uno de los procedimientos cómo se puede efectuar un Proyecto, sin posibilidades de actuaciones alternativas y no muestra en forma explícita la relación que existe entre las actividades.
- b. No explica cómo puede mejorarse el rendimiento de un proyecto en lo que se refiere a optimizar o acortar tiempos de ejecución, utilización racional y ponderada de la fuerza operativa de la mano de obra, ahorro en gastos innecesarios, mejor aprovechamiento de las herramientas y del equipo, etc.
- c. No deslinda las actividades de Planificación y Programación. En los diagramas de Gantt, se realiza la planificación y la programación al mismo tiempo, o sea que la longitud de las barras que representan las tareas, indican las unidades de tiempo, lo que puede conducir a una programación en la cual el tiempo de cualquier evento sea diferente del que realmente hubiese necesitado, por lo que el gráfico ya no representaría la realidad del Proyecto.
- d. Como consecuencia del punto anterior también involucra el problema de visualizar cuales actividades deben controlarse con mayor acuciosidad durante el proceso. De esta manera si ocurriese un retraso en alguna de las actividades, el marco rígido dentro del cual esta enmarcado el diagrama, obliga, para cumplir con el plazo fijado a acelerar las actividades siguientes, con los consiguientes aumentos en los costos, posiblemente no previstos. Esta aceleración de las actividades siguientes no se visualiza con claridad, cuál o cuáles serían las actividades a sufrir acortamiento de tiempo, ni en que medida para que la duración del Proyecto, sea la estimada. Mucho menos indica cuánto dinero va a costar dicha aceleración.
- e. Es difícil poder representar la secuencia de ejecución de un gran número de actividades, por lo que solo se pueden trabajar con las actividades principales, agrupando en forma global todas aquellas actividades secundarias, que lógicamente deberán ser controladas por separado para no tener retrasos, lo que implica un exceso de sistemas de control por parte de los mandos directivos.

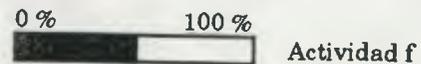


* Tiempo total 19 días hábiles

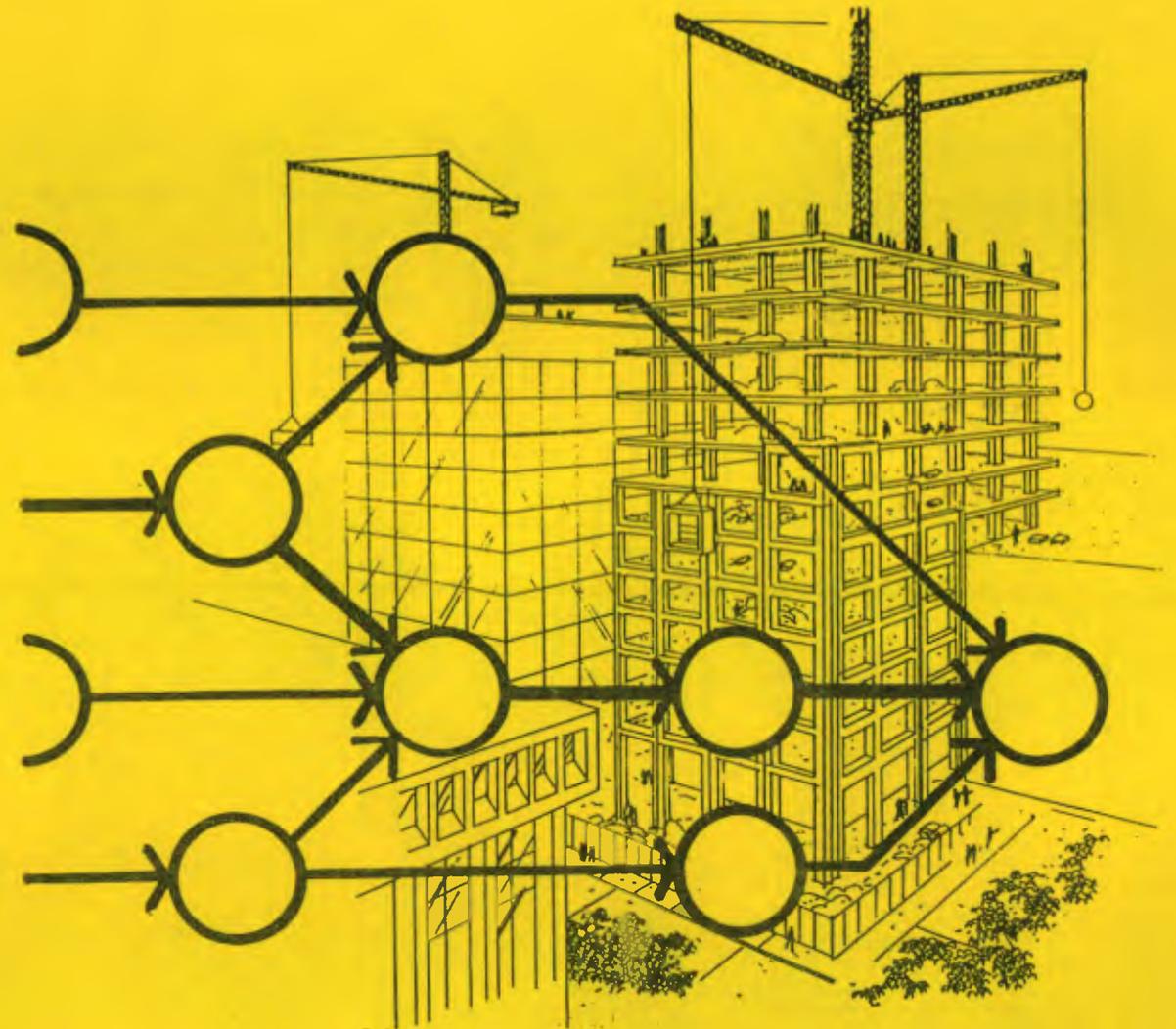
SIMBOLOGIA:

Actividad f:

Indica que al 16 de julio la act. f, se encuentra en un 50% de avance



CUADRO Nº 1
 EJEMPLO DE LA APLICACION DEL DIAGRAMA DE
 BARRAS PARA EL LEVANTADO DE UN MURO.



CAPITULO 2 OTROS METODOS

CAPITULO 2

2 OTROS METODOS

2.1 INTRODUCCION A LOS METODOS MAS USADOS.

Antes de empezar a considerar los dos primeros métodos que se incluyen en el presente trabajo, creo que es necesario hacer algunas consideraciones previas, dada la estrecha relación entre ambos; estos son el **CPM** (Critical Path Method) y el **PERT**, (Project Evaluation and Review Technique), son dos métodos basados en la técnica de redes y se parecen bastante aunque en su planificación si se encuentran diferencias grandes. Es por eso que los he tratado por separado.

Gran parte de lo que se ha escrito sobre estos métodos ha sido, o bien de tipo muy matemático en revistas especializadas, o bien unas vulgarizaciones con las que no se consigue un conocimiento adecuado de los métodos, para poderlos aplicar, sirviendo de incentivo para estudiarlos más a fondo y así poder dominar estas técnicas.

Para los fines de este trabajo se han eliminado ambos extremos y me he dedicado a enfocar cada uno de los métodos lo más concisamente posible, pero a la vez lo suficientemente claro para no crear confusiones indeseables. Se ha hecho a un lado el punto de vista probabilístico, que es aplicable cuando no se conocen con exactitud la duración de cada actividad o evento, ni siquiera tocando las aplicaciones de simulaciones por el método de Montecarlo y la teoría de los Grafos, etc.

De cada uno de estos métodos presento un ejemplo de aplicación, profundizando más en el método **CPM (Método de la Ruta Crítica)**, que es el que más se utiliza en la industria de la construcción, que es la razón de este trabajo, debido a la vocación de nuestra carrera universitaria.

Tampoco me he adentrado en profundizar el acortamiento de costos al mínimo posible en base a la duración de los proyectos, para lo cual se debería ampliar muchísimo sobre los métodos de programación paramétrica o por el método simétrico y el algoritmo de Fulkerson. 8

Todo este deslinde de profundizaciones se ha hecho a un lado en función del objetivo central de esta tesis, dejando para inquietudes posteriores el penetrar en temas de una profundidad académica mayor, dignas de especializaciones concretas.

En los últimos años se han puesto de moda los métodos de programación especialmente el CPM y el PERT. Constantemente se investigan más y más en seminarios y cursos especializados para alcanzar mayores logros de los obtenidos hasta el momento en todo el mundo, los cuales han sido dirigidos a técnicos especialistas para su capacitación a distintos niveles.

Sin embargo el concepto "ponerse de moda" no debe interpretarse erróneamente, como si se tratara de canciones o ritmos que conllevan un bagaje de transitoriedad pasajera, o bien modas en el vestir o movimientos un poco más profundos que contienen fondos filosóficos inspirados en las teorías existencialistas de vivir únicamente el momento presente y que caducan día a día para devenir en nuevos conceptos renovadores al poco tiempo.

La puesta en moda de estos métodos responde a algo más trascendental que los gustos o formas de pensar pasajeros, como son:

- a. La creciente necesidad de un medio más eficaz de planificación y programación para las industrias de construcción y de cualquier proceso productivo.
- b. El desarrollo de las matemáticas modernas y la utilización de los ordenadores electrónicos con los que puede resolverse cualquier problema complicado, que antes era casi imposible el siquiera visualizarlo.

Para abordar completamente estos métodos se debiera escribir una obra lo suficientemente amplia, para abarcar todos y cada uno de los aspectos que involucra en forma comprensible por la mayoría de las personas, es decir, en una forma sencilla pero a la vez completa y práctica. No es este el fin que persigo con el presente trabajo de tesis, por lo que me circunscribiré únicamente a lo que inicialmente me tracé, es decir la descripción y ejemplificación de algunos métodos que ayuden a lograr los mejores logros dentro del campo del quehacer arquitectónico.

Deseo terminar este apartado con la siguiente sentencia, muy sabia por cierto: UNA VEZ 9
COMPRENDIDOS LOS METODOS Y HABIENDO TRATADO DE APLICARLOS A UN PROYECTO
CONCRETO, NO SE DEBE SUBORDINAR LA REALIDAD AL PROYECTO SINO EL PROYECTO A
LA REALIDAD Y ESTO PUEDE HACER QUE TENGAMOS QUE SUSTITUIR UNA RED INICIAL
POR OTRA NUEVA, POR HABER CAMBIADO EL DESARROLLO TECNOLOGICO DE LAS OBRAS.
Y de esta sentencia se obtiene un consejo muy valioso: AJUSTAR LA RED Y SUS TIEMPOS A LA
REALIZACION DE LAS OBRAS SEGUN LAS CIRCUNSTANCIAS DE CADA MOMENTO.

2.2 ¿Qué es PERT Y CPM?

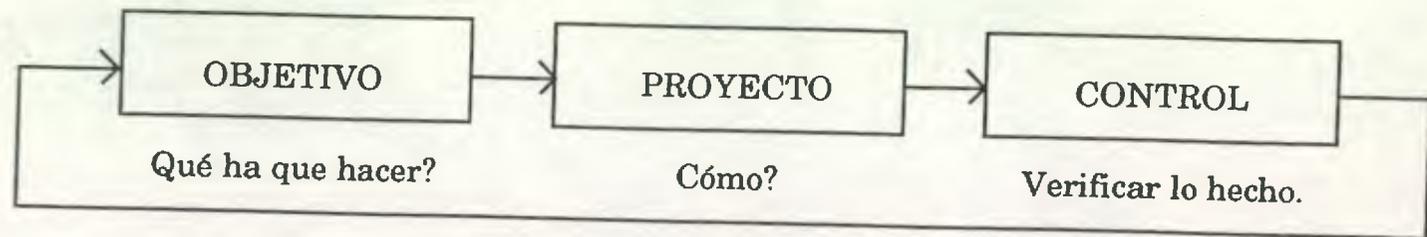
PERT y CPM son dos métodos usados por la dirección, para que con los medios disponibles, poder planificar un proyecto a fin de lograr su objetivo con éxito. Estos métodos no pretenden sustituir las funciones de la dirección, sino ayudarla; PERT y CPM no resuelven los problemas por sí solos, sino que relacionan todos los factores del problema de manera que presentan una perspectiva más clara para su ejecución. Muchas veces las decisiones no son fácilmente tomadas por la dirección debido a la incertidumbre, pero el PERT y el CPM ofrecen un medio eficaz de reducir ésta, y que las decisiones tomadas y acciones emprendidas sean las adecuadas al problema, con mayor probabilidad de éxito.

El mayor problema con que la dirección se enfrenta hoy en un proyecto complejo, es cómo coordinar las diversas actividades para lograr su objetivo. Los enfoques tradicionales sobre la planificación y programación resultan inadecuados e insuficientes. Generalmente los diferentes grupos que trabajan para el proyecto tienen sus propios planes de realización independientes entre sí. Esta separación conduce a una falta de coordinación para el proyecto como conjunto. En cambio, las técnicas de el PERT y el CPM, preparan el plan mediante la representación gráfica de todas las operaciones que intervienen en el proyecto y las relacionan, coordinándolas de acuerdo con las exigencias tecnológicas.-

Además, estas técnicas proporcionan un método de actuación por excepción para la dirección; esto quiere decir que la dirección sólo actuará cuando surjan desviaciones respecto al plan previsto.

En este momento es necesario aclarar la palabra “dirección” que se ha venido utilizando en párrafos anteriores. Su significado en el lenguaje anglosajón “MANAGEMENT” es muy amplio. No sólo se refiere a la dirección propiamente dicha de la empresa, sino que se extiende a todos los niveles de ésta. La diferencia está en que los distintos niveles de dirección tienen distintos grados de autoridad y responsabilidad. Diremos que la “dirección” en sentido anglosajón es cualquier órgano “ejecutivo” de la empresa y es necesario que reúna las siguientes condiciones:

1. El responsable debe escoger o conocer el objetivo de su trabajo.
2. Debe organizar los recursos disponibles para lograr el objetivo elegido por medio de un proyecto o plan de realización.
3. Durante la realización del proyecto puede ocurrir que cambien las condiciones iniciales y entonces debe controlar y modificar el proyecto original para proseguir su objetivo.



Grafica Nº. 1
ESQUEMA DE DESARROLLO DE UN PROYECTO

De aquí también se deduce que la función de la dirección está caracterizada por las decisiones que se deben tomar y a su vez, estas decisiones van acompañadas de la incertidumbre. Sobre todo, cuando el objetivo no tiene precedente y el éxito de la consecución no está garantizado. Aún cuando los trabajos sean repetitivos, la dirección suele encontrarse con problemas tanto de tiempo como de costo. El PERT y el CPM son sistemas especialmente diseñados para asistir a la dirección de esas tareas donde

La incertidumbre pudiera comprometer su eficacia, ya que estos métodos le ofrecen una planificación detallada, con las responsabilidades designadas y la programación mejor estimada y con más probabilidad de cumplimiento. 11

2.3 APLICACIONES

El factor "tiempo" adquiere cada vez más importancia en las industrias. No sólo por la penalización impuesta por el cliente respecto al plazo de entrega contratado, sino también por el concepto de costos. Por ejemplo:

Un proyecto cuesta cinco millones de Quetzales y ha sido contratada su ejecución en cinco meses. Si la dirección logra conseguir una reducción en el tiempo de ejecución del proyecto con los mismos medios existentes y no causa por ello aumento en el costo previsto, esto significará un beneficio. Esta economía indirecta puede ser conseguida mediante la mejora del método para la planificación, programación y control del proyecto.

Las técnicas PERT y CPM son producto del progreso científico para controlar la producción por unidades, y la producción en serie o continua.

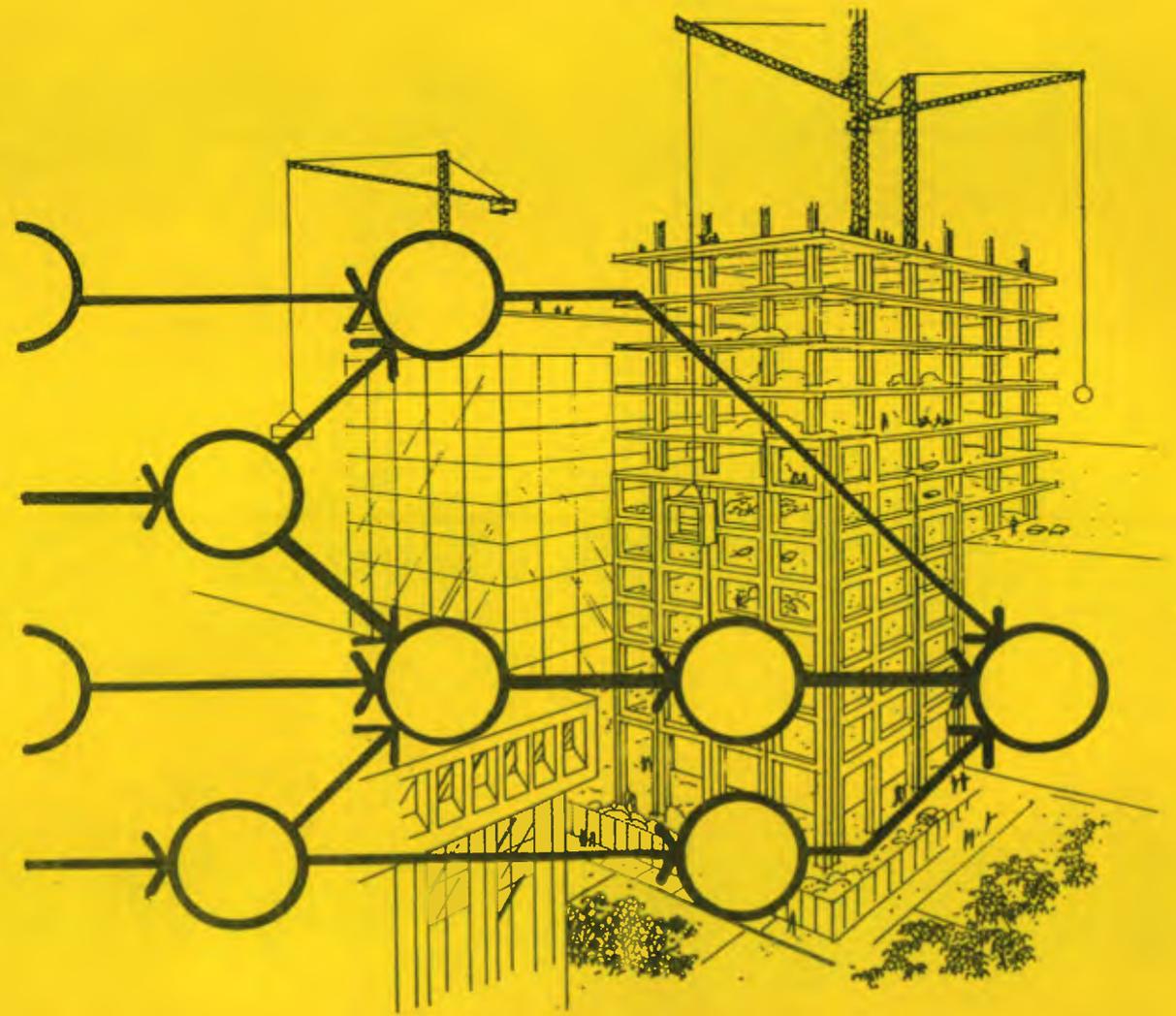
La aplicación del método PERT se concentra en aquellas tareas en que hay incertidumbre en cuanto a los tiempos de terminación. Sin embargo, con el método CPM se supone que las experiencias pasadas nos libran de esta incertidumbre de tiempos, pero sí existe la incertidumbre de costos, ya que lo importante es el costo total mínimo y en base a él se fijan los tiempos para los trabajos.

El caso PERT, por ejemplo, es más indicado para los proyectos de investigación, en los cuales existe el problema de la estimación de los tiempos de trabajo y por otro lado, tampoco hay antecedentes para calcular los costos por unidad de tiempo.

En cambio el CPM es aplicable a las construcciones en general, en las cuales es más fácil estimar tiempos y costos y lo que interesa es saber cuál es la combinación de costo-duración de cada tarea para que se pueda lograr el costo total mínimo del proyecto.

- Las ventajas de estas técnicas son el poder proporcionar a la dirección las siguientes informaciones:
- Que trabajos serán necesarios primero y cuándo se deben realizar los acopios de materiales y problemas de financiamiento.
 - Qué trabajos hay y cuántos serán requeridos en cada momento
 - Cuál es la situación del proyecto que está en marcha en relación con la fecha programada para su terminación
 - Cuáles son las actividades críticas que al retrasarse cualesquiera de ellas, retrasan la duración del proyecto
 - Cuáles son las actividades no críticas y cuánto tiempo de holgura se les permite si se demoran
 - Dónde se puede reforzar la marcha del proyecto si éste se encuentra en situación de retraso para contrarrestar la demora y qué costo adicional producirá
 - Cuál es la planificación y programación de un proyecto con un costo total mínimo y duración óptima

Para estos sistemas, la PLANIFICACION consiste en un análisis de las actividades que deben intervenir en el proyecto y el orden en que han de realizarse. La PROGRAMACION en el método PERT es estimar las duraciones de las tareas tanto en el sentido determinístico como en el probabilístico. En el CPM, la PROGRAMACION consiste en estimar las duraciones de las tareas con el mínimo de recursos, es decir, que el tiempo y el costo están relacionados directamente en un proyecto.



CAPITULO 3
CPM

3. METODO DE LA TRAYECTORIA O RUTA CRITICA, CPM

3.1 HISTORIA

El método de la Ruta o Trayectoria Crítica, se conoce comúnmente con las siglas CPM o Método CPM. estas siglas corresponden al nombre original del método en inglés: CRITICAL PATH METHOD.

Originalmente no se llamó CPM, sino CPPS, siglas correspondientes al nombre de CRITICAL PATH PLANNING AND SCHEDULING

Es el primero de los métodos modernos de programación nacido en 1957. Fue creado por la compañía E.I. DUPONT de Nemours (EEUU), específicamente por el investigador Morgan R. Walker y por James E. Kelly Jr., quien trabaja en ese entonces para la Remington Rand Univac.

Su primera aplicación práctica fue con la compañía E. I. Dupont, la cual construyó una planta química. Con este primer experimento se obtuvieron múltiples ahorros en la inversión y en el tiempo de ejecución del proyecto.

A partir de esa fecha, el uso de este método cobró gran auge, ya que puede ser utilizado en desarrollos tan variados como campañas publicitarias, introducción de productos nuevos en el mercado, usos militares, financieros, obras de ingeniería y arquitectura, etc.

3.2 GENERALIDADES

Entre las múltiples ventajas de este método una de las más importantes es la descrita en la introducción a los dos primeros métodos CPM y PERT, y es, la de separar en forma tangible, valga decir, mensurable, las diferentes etapas de la PLANIFICACION y la PROGRAMACION, lo cual no podía controlarse con facilidad y suficiente claridad en los métodos anteriores. El resultado de esta ventaja radica en la creación de un mejor orden para programar un proyecto, ya que la planificación se habría tenido que dar por separado.

Es importante definir los elementos básicos del método de la Ruta Crítica, a saber:

- ACTIVIDAD: es un trabajo, labor o actuación que forma parte de un conjunto o sistema, que al final conforma un proceso productivo.
 - PROCESO PRODUCTIVO: es el conjunto de actividades que se deberán realizar para obtener una meta propuesta. Esta meta puede ser por ejemplo la construcción de un edificio, la fabricación de un objeto, así como cualquier otra secuencia de actividades.
- En arquitectura, a este proceso productivo se le denomina proyecto o diseño

El método CPM tiene un aspecto determinístico y se utiliza en los procesos en los cuales ya se tiene experiencias previa en situaciones similares, lo que permite determinar con una exactitud experimentada, los tiempos y recursos necesarios para realizar cada una de las actividades que conforman el proyecto.

Si el caso fuera la construcción de un edificio, las variantes que se puedan presentar son las cantidades volumétricas de trabajo algunos aspectos en procedimientos de construcción, algunas consideraciones de tipo climatológico, dependiendo de la época del año, algunos detalles especiales característicos del proyecto determinado, localización geográfica del mismo y las características propias del cliente en particular, que varían en cada caso. El resto de circunstancias, por lo general serán variaciones repetitivas de casos ya estudiados y fundamentados en la experiencia del arquitecto, que sabrá evaluar en cada caso la incidencia de las variantes dentro del proyecto y su planificación.

3.3 DEFINICIONES

En este momento al mencionar la palabra Planificación es necesario definir este término, con sus aspectos colaterales de que va acompañada siempre, y más adelante definir también el término Programación.

3.3.1 PLANIFICACION

Conceptos sobre Planificación:

El vocablo latino "PLANUS" da origen a las siguientes palabras castellanas: PLAN Y PLANO.

La acción de hacer Planes se acepta por la Academia de la Lengua, como PLANEACION y la acción de hacer Planos como PLANIFICACION. 15

Gabriel Alomar *, dice que PLANEACION Y PLANEAMIENTO son términos sinónimos y tiene dos aceptaciones:

1. Estudio científico o análisis documentado y sistemático de cualquier operación o realización efectuada, previa o simultáneamente al desarrollo de la misma.
2. Doctrina que propugna la necesidad de que el desarrollo de las actividades económico-sociales se realicen mediante planes.

Aunque para los fines definatorios de la planificación es necesario definir los propósitos de la misma, en el presente estudio no se considera pertinente ahondar en ellos, ya que sería un tema un tanto semántico, controversial y sujeto a múltiples opiniones encontradas, que nos alejarían del enfoque que pretende dar a este trabajo de tesis. Sin embargo es necesario hacer unas pequeñas consideraciones o suposiciones acerca de estos fines para proceder en el tema.

La planificación tiene por objeto aumentar al máximo los recursos de toda índole de un país o región determinada y organizar su explotación con un mínimo de desembolsos sociales, para elevar los niveles de vida y en general el bienestar de la población.

Sin embargo para el caso específico que nos interesa tratar, la PLANIFICACION puede proponerse objetivos mucho más limitados y concisos.

Pero hay que hacer énfasis en que los límites que se van a determinar, nunca deben considerarse como definitivos, puesto que la planificación es un proceso dinámico, en el cual la retroalimentación es su justificación inmediata para reiniciar el proceso hasta llegar a una nueva evaluación.

* Gabriel Alomar: Crítico, poeta y político español (1873-1941), seguidor de un futurismo poético y autor de múltiples ensayos ideológicos.

La Planificación es la acción de ordenar mediante documentos escritos representativos, previamente redactados o gráficos que representen ideas preconcebidas de una operación físico económica y su desarrollo práctico en la realidad del medio ambiente. 16

Actualmente la planificación se considera como una técnica metodológica de aplicación general para cualquier tipo de actividad. Es esencialmente un esfuerzo y una tentativa de racionalizar según finalidades y resulta evidente que este esfuerzo de racionalización puede aplicarse en principio, a cualquier situación o proceso independientemente de su naturaleza específica, de sus dimensiones y de su complejidad. Es decir, puede ser aplicada a una empresa industrial o agrícola, tanto en su totalidad como en un sector específico de la misma como a un poblado, una región o una nación entera, inclusive a niveles internacionales abarcando varias fronteras que dejan de existir en el momento de integrarse bajo una planificación regional-internacional.

La planificación orienta y ordena la conducta humana y sus funciones y actividades, según los propósitos que se desean obtener, mejorar lo existente y anticipar los hechos en el futuro; sin embargo la planificación debe llevarse a cabo con técnicas adecuadas y según el objeto a planificarse.

La planificación cuando es efectiva, racional y verdadera se llama planificación integral, comprensiva, directriz del desarrollo de los fines perseguidos, como base de una planificación particular o detallista de casos concretos.

La exposición de un proceso de planificación tiene dos objetivos:

1. El hacer más comprensible la teoría de la planificación
2. Presentar con etapas sucesivas las diferentes partes que la componen

La elaboración de un proceso cualquiera puede hacerse de diversas formas, según el criterio con que se enfoque y la importancia relativa de las etapas sucesivas a que se quiera dar relevancia.

La explicación de este proceso puede hacerse en unas pocas palabras o gráficos o bien en varios volúmenes de libros o planos dibujados con todo detalle, del tamaño más grande que se pueda imaginar. 17

Es difícil establecer el límite, en el cual la idea puede quedar clara y con suficiente explicación, sin que llegue a ser muy larga.

Por consiguiente el proceso a utilizar es uno de los muchos posibles y que pretende solamente llenar los objetivos descritos.

Un proceso de planificación puede llevar las siguientes siete etapas:

1. Hipótesis
2. Investigación
3. Análisis
4. Formulación del plan
5. Implementación y programación del plan
6. Realización del plan
7. Evaluación y ajuste.

Este ciclo de siete etapas será repetitivo cada vez que se ejecute la evaluación y ajuste; por consiguiente, el proceso de planificación no puede terminar jamás.

Para un proyecto en particular no se deben descartar todas las consideraciones anteriormente enumeradas, y luego de haberse formado el panorama completo se puede concretizar más específicamente sobre los puntos siguientes:

1. Preparación de un listado de actividades
2. Cálculo de los volúmenes de trabajo de cada actividad
3. Elaboración del diagrama de flechas.

4-Integración de la red

La planificación bajo este aspecto sintetizado, consiste en el conjunto de decisiones que deben tomarse en cuenta para realizar los objetivos del proceso, de la manera más eficiente.

En adelante entraremos a considerar este último listado, en el supuesto que todos los pasos anteriores han sido trabajados una y otra vez hasta llegar a la conclusión de que ya es posible entrar de lleno a la concretización de una planificación específica, la cual estará sustentada por bases sólidas bien estudiadas y no simplemente como un proceso para definir tiempos y actividades para un caso particular.

3.3.1.1.LISTADO DE ACTIVIDADES

El primer paso del método consiste en elaborar un listado de las actividades que forman el proceso.

El análisis podrá ser tan detallado como se considere necesario en cada caso por parte del Programador-Planificador y dependerá del grado de información que se necesite para la utilización del trabajo.

Variará también, en relación al tipo de proceso que se analice. Al finalizar esta etapa se obtendrá una lista de todas las actividades del proceso que se esté tomando en consideración.

Estas actividades estarán en un principio en forma desordenada sin indicar una relación de secuencia lógica entre una y otra.

3.3.1.2 VOLUMENES DE TRABAJO

Para la ejecución de cada una de las actividades se necesita:

- Determinar el número de empleados u operarios especializados en cada tarea y
- Determinar el tiempo exacto para realizarlas en función de horas-hombre de trabajo.

Estos cálculos se basan por lo general en la experiencia del equipo que planifica.

El cálculo o determinación del número de personas, así como los tiempos a emplearse se incorporarán a cada una de las actividades previamente listadas.

3.3.1.3 DIAGRAMA DE FLECHAS

Para la construcción de este diagrama o red se deberán seguir determinados pasos de diagramación, los cuales se explicarán más adelante.

19

El diagrama evidenciará las diferentes interrelaciones que existen entre todas las actividades que conforman el proyecto.

El diagrama de flechas simple, adolece del inconveniente de tener que recurrir a actividades ficticias o fantasmas, para conectar o interrelacionar las actividades.

Existe un sistema de diagramación de flechas más perfeccionado que se conoce con el nombre de Diagrama o Red de Nodos Orientados o de Fases, el cual no necesita de las actividades ficticias para interconectar las actividades reales. Este sistema es el que se presentará durante la exposición de este capítulo y es además el utilizado por el procesamiento electrónico de datos, tan en boga hoy en día y que crece y se perfecciona constantemente.

3.3.1.4 INTEGRACION DE LA RED

Este paso es el perfeccionamiento ya ordenado, de la diagramación de flechas o de nodos orientados o fases.- El paso tercero se podría considerar como una serie de intentos o anteproyectos para definir con precisión absoluta, la integración de una red definitiva que no incurra en contradicciones o adolezca de errores. Es decir, luego de una y otra revisión de los diagramas elaborados se escogerá al final como prototipo de la red. Esta red ya terminada servirá de base para la inclusión de los demás datos que deberán integrarse para completar el objetivo de visualizar rápidamente y analizar sin problemas cualquier evento en cualquier momento.

Una vez concluidas las cuatro etapas anteriores se habrá completado el proceso de PLANIFICACION y se integrará a la red el proceso de PROGRAMACION que abarca básicamente los tiempos y el número de recursos humanos, técnicos, materiales, mecánicos, instrumentales, etc.

3.3.2. PROGRAMACION

La programación en términos generales consiste en estimar la duración de cada actividad. Esta estimación puede ser determinística o probalística, de lo analizado en el proceso de Planificación.-

Se calculan los períodos de realización de cada una y el calendario de ejecución del proyecto completo.

La programación está formada por los siguientes pasos:

- Cálculo de los tiempos de cada actividad y de la red completa
- Determinación de la RUTA CRITICA
- Tabulación de los datos obtenidos
- Preparación del Diagrama de barras final como calendario de trabajo
- Correcciones a la RUTA CRITICA

2.3.2.1 CALCULO DE LOS TIEMPOS

Cada actividad, evento o suceso tiene un tiempo de duración.

La red completa tendrá por consiguiente un tiempo de duración

Debido a la interrelación de actividades, nos encontramos con que habrá que incluir conceptos de "TIEMPOS MAS TEMPRANOS" y "TIEMPOS MAS TARDIOS" para la ejecución de las actividades.

Posteriormente se hará una explicación del procedimiento

El cálculo es bastante sencillo de efectuar y no necesita conocimientos especializados y avanzados de matemáticas para realizarlo.

Básicamente consiste en sumar los tiempos de cada ruta o recorrido, a partir del punto, evento o actividad inicial.

Se toma la suma mayor de los tiempos que llegan a cada nodo en forma sucesiva hasta llegar al último evento con el cual se finalizará el proceso. Tomando como base este tiempo final se da marcha a la inversa, es decir, en forma de retroceso, restando los tiempos de ejecución de cada actividad en los diferentes recorridos, tomando como referencia el MENOR de los tiempos que lleguen a cada nodo, hasta llegar al inicial.

Para procesos con menos de ciento cincuenta actividades, es fácil calcular los tiempos manualmente. Para procesos mayores es mucho más rápido utilizar una computadora electrónica de las cuales existen actualmente en el mercado innumerables marcas y sistemas que utilizan lenguajes fáciles, tales como los BASIC, en vez de sistemas binarios más complicados. Estas compañías fabricantes

de minicomputadoras con promedio de 64 KB., tienen incluso diseñados y desarrollados programas 21 para el cálculo de estos procedimientos.

Es de hacer notar que la palabra “programa” utilizada en el párrafo anterior, coincide en esencia con el concepto de PROGRAMACION que hemos estado tratando anteriormente, pero con un fin específico bien determinado, para el caso concreto de la computación. Pero es más importante recalcar que estos conceptos avanzados de la electrónica no existirían sin el concepto básico de PROGRAMACION general que estamos tratando a nivel de redes de actividades.

Se podría decir que son sofisticaciones tecnológicas o avances sobre el mismo concepto para hacer cada vez más fácil, lo que antes era complicado o simplemente tardado de realizar.

3.3.2.2. DETERMINACION DE LA RUTA CRITICA

En cualquier proyecto , algunas actividades son flexibles, respecto a cuándo se pueden comenzar o finalizar; otras no son flexibles, de forma que si se demora cualquiera de ellas, se retrasará todo el proyecto.

Estas actividades “inflexibles” se llaman CRITICAS y la cadena de ellas forma un CAMINO o RUTA CRITICA. Esta Ruta Crítica es LA DURACION MAS LARGA A TRAVES DEL PROYECTO. Hay siempre por lo menos un camino crítico en cada proyecto y muchas veces más de uno.

Las actividades incluidas en el camino o ruta crítica suelen estar comprendidas dentro del 10% al 20% de los totales.

Se puede definir el camino o ruta crítica como: AQUELLO EN EL CUAL LAS ACTIVIDADES NO TIENEN HOLGURAS DE TIEMPO PARA COMENZAR NI PARA TERMINAR.

Desde el punto de vista del Planificador-Programador (Dirección), es muy importante estrechar la vigilancia sobre las actividades críticas, ya que al retrasarse cualquiera de ellas, se retrasa todo el proyecto.

Asimismo, no se deben dejar de controlar las actividades no críticas, porque a pesar de que tengan holguras de tiempo o margen para terminar tienen su límite. Si se pasa ese límite, se convierten en críticas. Por esta razón es conveniente calcular la magnitud de las holguras de tiempos. Las holguras suelen llamarse también "slacks".

En el método CPM a las holguras de tiempo se les denomina: "tiempos flotantes", siendo cuatro los tipos de ellos que se consideran:

- Flotante total
- Flotante libre
- Flotante independiente
- Flotante programado

Más adelante, después de enfocar en forma general la descripción iniciada, se tratará este aspecto.

La determinación de la Ruta Crítica se basará en los datos obtenidos en el cálculo de los tiempos "tempranos" y "Tardíos" de las actividades. El planificador-Programador deberá chequear si esta ruta es satisfactoria para los requerimientos del proyecto.

De serlo así, se elaborará un diagrama de barras para la presentación final.

Si la Ruta Crítica no llenara los requisitos del proyecto se deberá comprimir la red, determinándose una nueva Ruta Crítica. Este procedimiento se deberá efectuar hasta que el programador considere que la misma cumple a cabalidad con lo pretendido como prerrequisitos del proyecto.

3.3.2.3 TABULACION DE DATOS

23

Durante los procesos anteriores de cálculo y la Determinación de la Ruta Crítica se han capitalizado o captado un sinnúmero de datos numéricos, de relaciones, de probabilidades e incluso de alternativas.

Todo este conjunto de datos deberán ser ordenados y tabulados en forma que puedan ser utilizados con rapidez y facilidad en los pasos siguientes o para cualquier revisión o corrección del proceso y en la diagramación posterior. Además servirá de memoria o archivo de datos para el presente proyecto o para cualquier otro.

La dispersión de datos conduce normalmente al desorden que en cualquier momento puede hacer incurrir en errores a la persona o personas encargadas de hacer el seguimiento del proyecto. Por otra parte cualquier variante que surja y que obligue a revisar datos originales, deberá ser atacada de inmediato regresando a las fuentes o informaciones con que trabajó inicialmente. La tabulación por lo tanto será además un parámetro comparativo para poder realizar cualquier enmienda o mejora, sin tener que iniciar todo el proceso desde el principio, ya que se contará con las premisas y criterios con que se empezó a diseñar el proyecto y su planificación y programación.

3.3.2.4 DIAGRAMA DE BARRAS FINAL

La última etapa de la programación será la presentación final del plan. La forma más clara de presentarlo es por medio de un diagrama de Gantt o de Barras que, como ya se apuntó con anterioridad, tiene la gran ventaja de presentar con gran claridad para cualquier persona que tenga a su cargo la ejecución del proyecto, aunque la misma no tenga mayores conocimientos sobre el método en general, el total de la programación, haciendo fácil su interpretación.

En este diagrama de barras se colocarán las **fechas en la escala** de tiempo o modalidad escogida con las unidades previamente determinadas.

3.3.2.5. CORRECCIONES A LA RUTA CRITICA

Cuando se produzcan alteraciones en la ejecución de las actividades, como podrían ser atrasos imprevistos surgidos o simplemente cambios formales o de criterio por parte de cualquier persona que integra el grupo directivo del proyecto, se deberán hacer ajustes en el proceso previamente terminado.

Los ajustes se ejecutarán con facilidad si se cuenta con el banco de datos indicado en el punto N° 3, de la tabulación de los mismos.

Se podrán hacer nuevos cálculos relativamente sencillos en las actividades no empezadas y fijar una nueva ruta crítica. Estas correcciones o adecuaciones se podrán efectuar en gabinete o bien en el campo por el supervisor. Los ajustes efectuados en campo deberán ser de tal magnitud que no afecten la programación total. Es decir serán de importancia relativamente pequeña, ya que si se trata de un proyecto grande o complicado estos reajustes podría perjudicar la ejecución total del proyecto. En este caso lo procedente es hacer las correcciones en gabinete por parte de los planificadores y programadores. En obras pequeñas o proyectos fáciles los ajustes debieran hacerse siempre en el campo, ya que el supervisor se supone que es una persona entendida y compenetrada de la problemática total del proyecto y puede decidir con mayor claridad sobre la marcha, que desde el gabinete.

Cuando se han efectuado cambios o reajustes en la ruta crítica, lógicamente cambiará la presentación del diagrama de barras.

Para estos casos los diagramas de barras pueden hacerse de una manera más flexible, tomando en cuenta actividades "GLOBALES" y con tiempos igualmente "GLOBALES", de tal manera que

las actividades puedan desglosarse o descomponerse en "sub-actividades", cuyas duraciones sumadas formarían el tiempo total de la actividad global. Este método de subdividir se utiliza para simplificar el diagrama que manejan las personas de la dirección o gerencia del proyecto, que no necesitan conocer al detalle todas y cada una de las actividades que forman el proceso, ya que para el efecto debe contar con personas como jefes de operarios, capataces, maestros de obra, coordinador de abastos e insumos, planilleros, etc., que son personal al cual le interesan los detalles propios de cada actividad, sin mezclarse con los detalles de actividades de otras personas involucradas. El supervisor de la obra o del proyecto es la persona clave que debe controlar y coordinar todas estas subdivisiones de actividades, tiempos, etc. Por lo tanto deberá ser una persona lo suficientemente capaz de comprender tanto los aspectos generales, como los especiales y ser un verdadero coordinador de las sub-actividades de múltiples personas que tan sólo pueden controlar su campo bastante reducido. Las necesidades de todos y la coordinación de sus tiempos será vital para el desarrollo efectivo del proyecto.

3.4. EJEMPLIFICACION

En este momento se ha terminado de describir en forma general los pasos a seguir desde la planificación, programación y presentación, incluyendo algunos aspectos de ejecución.

A partir de ese punto empezaré la descripción y explicación ya en forma más detallada de los pasos anteriores.-

El criterio que se siguió para esta formulación en la presentación de este trabajo de tesis fue el de hacer mucho más fácil y comprensible el proceso total, partiendo primero de conceptos generales y luego enfoca de lleno y con ejemplos cada uno de los pasos necesarios. Por lo tanto retornaremos ahora al tema de PLANIFICACION y posteriormente al tema de PROGRAMACION.

3.4.1 PLANIFICACION

Ya hemos hablado de los NODOS ORIENTADOS. Para elaborar el diagrama de Nodos Orientados o FASES, se debe seguir una secuencia de pasos que se describen a continuación:

3.4.1.1 DIAGRAMA DE NODOS ORIENTADOS

El diagrama de nodos orientados o fases también se puede llamar RED o MALLA o con otros nombres que se adoptan en otros países. Se puede construir o elaborar hasta que se haya hecho el listado de las actividades del proyecto en la forma más completa posible, sin excluir ninguna por secundaria que pueda parecer a simple vista. La mayor ventaja que proporciona el diagrama al planificador-programador, es visualizar las interrelaciones "TECNICAS" que existen entre las diferentes actividades. Además permite detectar cuáles son las actividades que determinan o controlan el tiempo de ejecución del Proyecto, ya que en forma gráfica hacen resaltar las actividades "críticas" que a la postre conformarán la RUTA CRITICA.

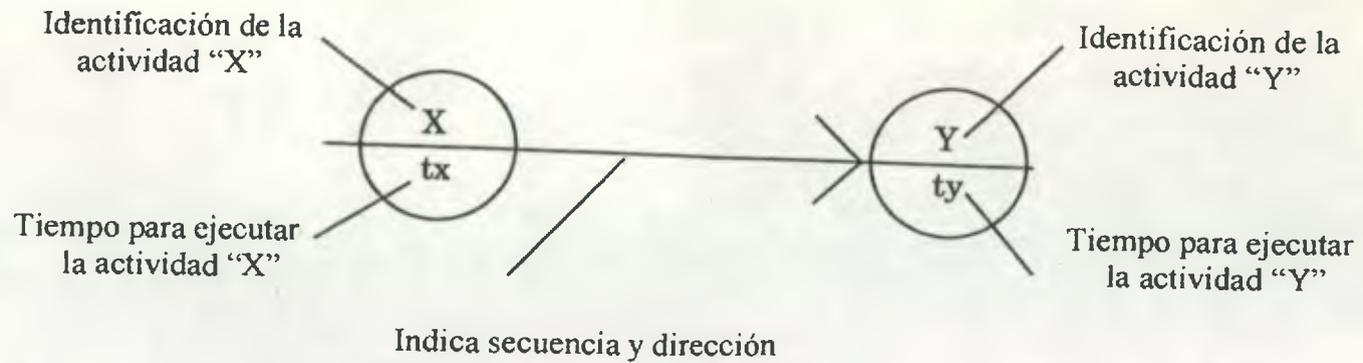
3.4.1.2 ELEMENTOS DEL DIAGRAMA

El diagrama esta formado por:
NODOS Y FLECHAS

Los nodos se presentan por medio de círculos. Cada círculo se divide en dos por medio de una línea diametral preferiblemente horizontal. En cada semicírculo se colocarán datos que identificarán la actividad y su duración estimada previamente.

Cada nodo representa una actividad independiente y que forma parte del proceso.

Las flechas indican solamente DIRECCION O INTERRELACION entre actividades. La longitud de las flechas no indican ninguna escala de duración o volumen de trabajo. Tampoco la trayectoria que deba seguir la flecha en forma quebrada, curva o recta no implica que ello represente alguna medida o consideración especial. Se tratará nada más de aspecto formal para ordenar el diagrama de una manera comprensible y completa.

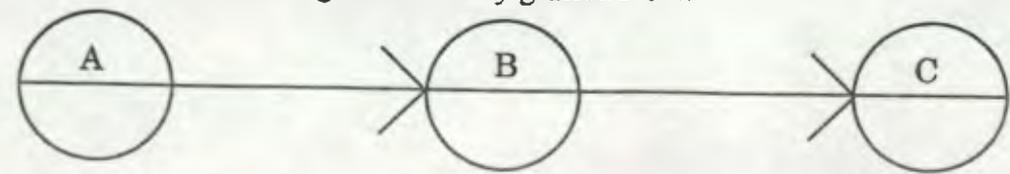


GRAFICA No. 2
Representación de los "NODOS" y "FLECHAS"

Originalmente J. Kelly utilizó las flechas para indicar actividades y los nodos eran indicadores de eventos en el tiempo nada más. El diagrama presentado anteriormente y todos los que en adelante se presenten difieren de la concepción original de J. Kelly sobre el CPM, ya que usará siempre el sistema de diagramación de nodos orientados para eliminar las actividades ficticias o fantasmas (dummies), que aparecerían al hacer las presentaciones tal y como lo inventó J. Kelly.

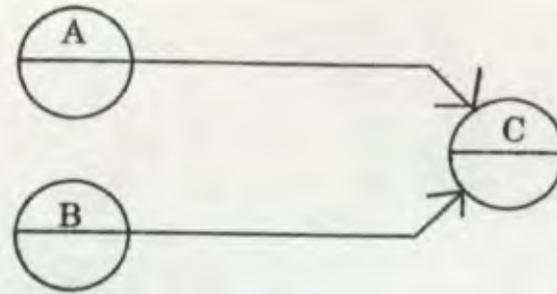
3.4.1.3 REGLAS DE DIAGRAMACION

Para iniciar cualquier evento representado por nodos es necesario haber concluido los eventos o actividades que le preceden. Es decir cualquier evento que esté en la punta de una flecha solamente puede iniciarse hasta que todos y cada uno de los eventos de donde provengan todas las cabezas de flechas estén terminados. Ver gráfica No.3 y gráfica No 4.



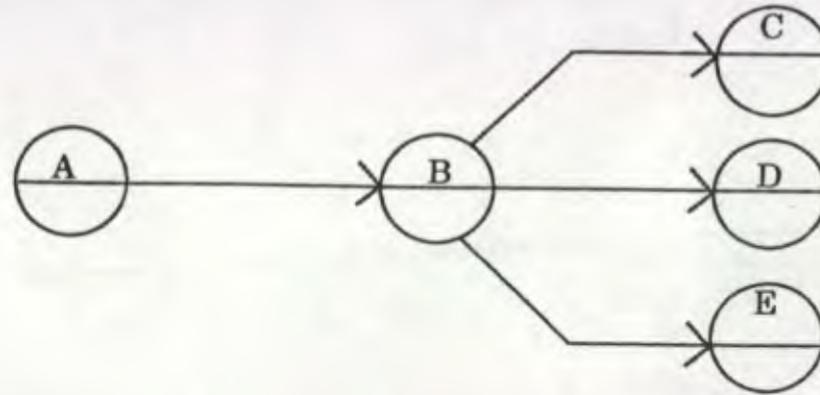
Gráfica No. 3
Secuencia en las actividades.

Para empezar la actividad "C" hay que haber concluido totalmente la actividad "B". Y para iniciar la actividad "B" hay que haber concluido la actividad "A".



GRAFICA Nº 4 INICIO DE ACTIVIDADES

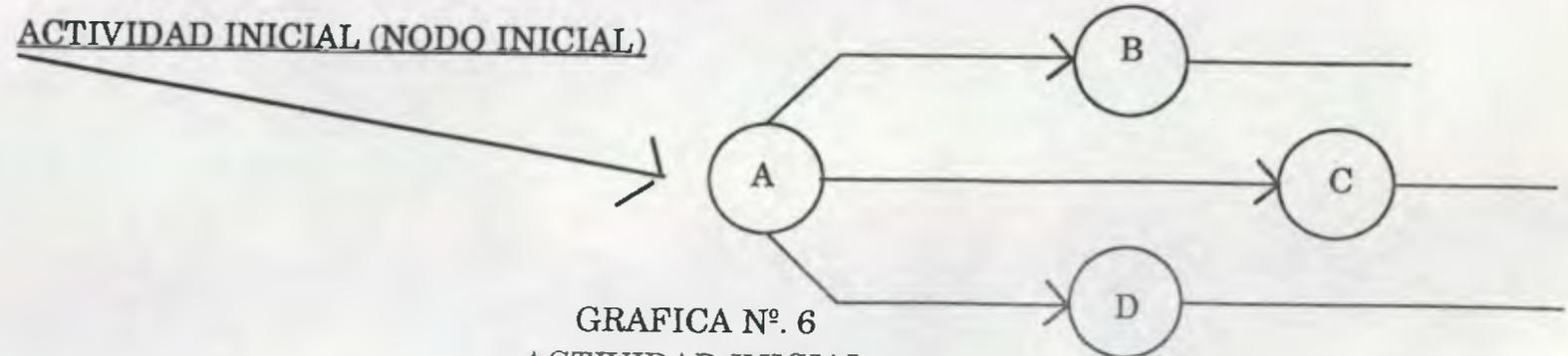
Para iniciar la actividad "C" hay que concluir previamente las actividades "A" y "B".-



GRAFICA Nº. 5 INICIO DE ACTIVIDADES

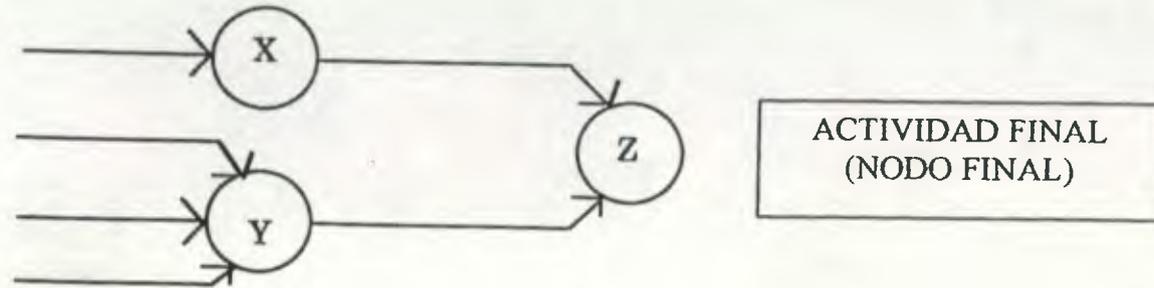
Para iniciar las actividades "C"; "D" y "E", hay que haber concluido la actividad "B" y para iniciar la actividad "B" hay que haber concluido antes la actividad "A".-

ACTIVIDAD INICIAL (NODO INICIAL)



GRAFICA Nº. 6
ACTIVIDAD INICIAL

Es aquel evento que no tiene ninguna (s) actividad (es) precedente (s). Es decir que no depende de la finalización de ninguna otra actividad o evento a la cual esté supeditada para su inicio.



GRAFICA No. 7
ACTIVIDAD FINAL

Es aquella actividad o evento que no tiene ninguna otra actividad que le suceda, siendo la última de la cadena, red o malla integrada. Con ella se finaliza todo el proceso. Esta actividad puede o no tener duración de tiempo.

Para el ordenamiento de las actividades (secuencia lógica) y poder hacer el diagrama de nodos orientados, se les deberá hacer a cada una de las actividades del proyecto las tres siguientes preguntas:

- ¿Qué actividades deberán de ejecutarse antes de ésta?
- ¿Qué actividades se pueden ejecutar simultáneamente a ésta?
- ¿Qué actividades se pueden iniciar al terminar ésta?

Después de formuladas y respondida cada una de las tres preguntas para cada una de las actividades que conforman el proyecto, se procede a elaborar el primer esquema del diagrama de nodos orientados, hasta que el planificador-programador quede conforme la presentación de éste.

El trazo del diagrama se empieza de izquierda a derecha.

Se le asigna a cada nodo un número que identifica la actividad de cero en adelante en orden ascendente en el sentido que se desarrolla el diagrama.

3.4.1.4. PROGRAMACION

Cuando se han elaborado los pasos anteriores de dibujo secuencial de la red y habiéndoles asignado su numeración correspondiente de identificación a cada nodo, se procede a la etapa planificadora que consiste en la asignación de tiempos.-

Es de decir, la función de programar en este caso consiste, en enmarcar el proyecto dentro de un tiempo, asignándoles unidades calendarias a las actividades planificadas en el paso anterior.-

Para cada actividad se establecen tiempos de ejecución o duración de la misma, mediante la experiencia que se tiene al respecto.-

Basándose en estos tiempos se pasa a calcular dos tipos de tiempos que son resultado de operaciones matemáticas sencillas y que se denominarán:

TIEMPOS MAS TEMPRANOS

TIEMPOS MAS TARDIOS

Ambos tiempos se refieren a la ocurrencia de los eventos en relación al margen que se tenga para iniciar o terminar una determinada actividad.-

3.4.1.5. TIEMPOS MAS TEMPRANOS (AI y AF)

Para el cálculo de los tiempos más tempranos se procede desde el inicio con el nodo "inicial" o nodo "cero", este nodo inicial carece del carácter de temporalidad por ser simplemente una marca de

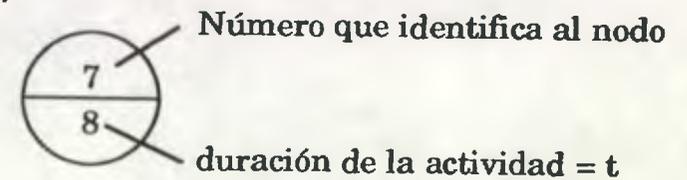
inicio o referencia para empezar a cronometrar de allí en adelante los tiempos de los demás eventos del proyecto.

Los tiempos ("I") se colocan en la parte superior de cada círculo.

Al lado izquierdo, siempre en la parte superior y externa del círculo (nodo) se coloca el tiempo "AI": INICIO MAS TEMPRANO" y es la fecha más temprana en que se puede empezar una actividad.-

Tiempo de "inicio más temprano" de la actividad 7

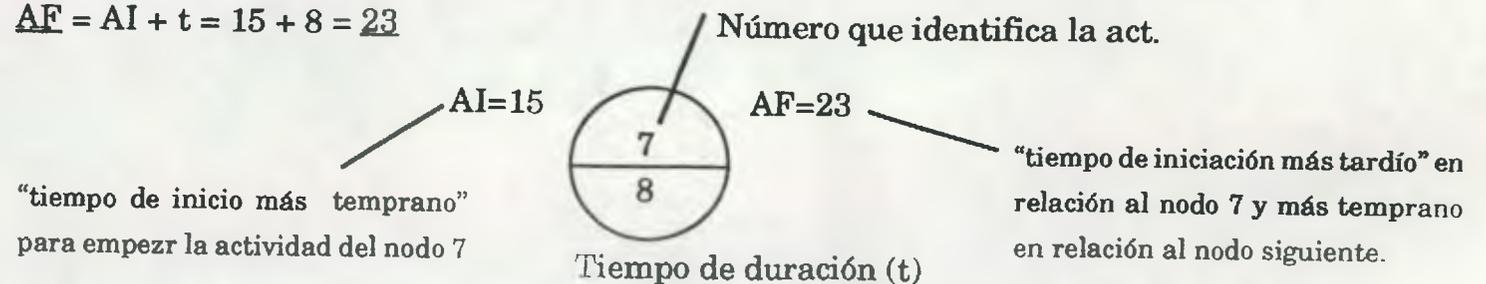
$$AI = 15$$



Gráfica N°. 8
SIMBOLOGIA

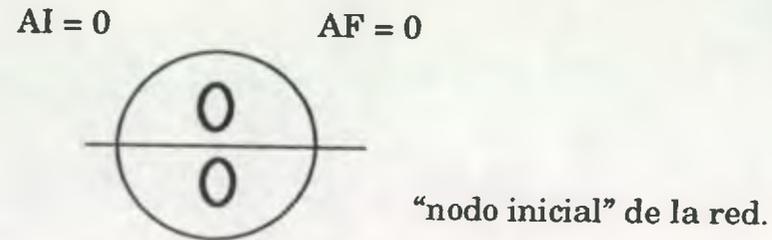
Al lado derecho, siempre en la parte superior y externa del círculo (nodo) se coloca el tiempo "AF": INICIO MAS TARDIO, relacionado con los tiempos de inicio más tempranos para poder iniciar la siguiente actividad. El tiempo "AF" es la suma de "AI" más la duración de la actividad del nodo en cuestión. Por lo tanto se puede considerar también como el "TIEMPO MAS TEMPRANO PARA INICIAR LA SIGUIENTE ACTIVIDAD"

$$AF = AI + t = 15 + 8 = 23$$



GRAFICA N°. 9
TIEMPO "AI" Y "AF"

Para el nodo "cero" o inicial, como se indicó anteriormente, el tiempo de duración ("t") es cero, por carecer de dimensional temporal o calendaria. No consume tiempo, para este caso al $AI=AF$; por lo tanto $AI=0$; $t=0$; y $AF=0$.- 32

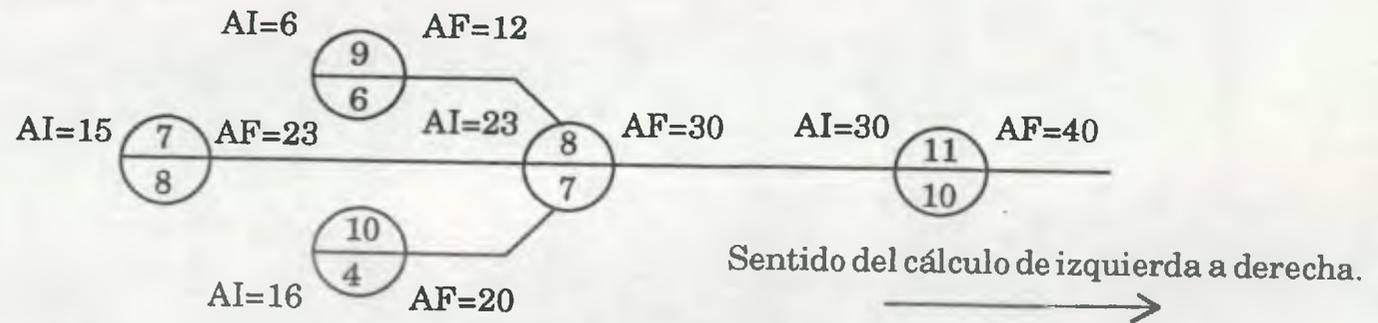


Gráfica N^o. 10
NODO INICIAL

Los tiempos más tempranos se calculan a partir de la IZQUIERDA hacia la DERECHA, tal y como se desarrolla el diagrama de nodos orientados.-

Cuando concurren a un mismo nodo varias flechas direccionales provenientes de otros tantos nodos interrelacionados con el mismo se tomará como tiempo más temprano de inicio de la actividad del nodo en cuestión aquel que sea mayor de todos.

Ver gráfica número 10.



GRAFICA N^o. 11
CALCULO DE TIEMPOS TEMPRANOS (AI)

Explicación del gráfico No. 11

AF Nodo 9 = 12

AF Nodo 7 = 23

AF Nodo 10 = 20

Lo que implica que para el caso nodo 8

$23 > 20 > 12.1$: AI act 8 = 23

El AI del nodo 8 será el mayor, es decir 23. El tiempo más temprano en que se puede iniciar la actividad No. 8 estará determinado por la calendarización de 23 unidades, cualesquiera que éstas sean.

Y al inicio más temprano de la siguiente actividad No. 11 será $23 + 7 = 30$, lo cual corresponderá al tiempo más tardío de finalización de la actividad No. 8.

Por lo tanto:

(AF del Nodo No. 8: 30) = (AI del Nodo No. 11: 30)

de la forma explicada en la gráfica No. 11 se procede en adelante hasta completar todas las actividades, llegando al final.

En este punto el nodo final tendrá:

AI = AF, ya que $t = 0$ (igual que el nodo inicial)

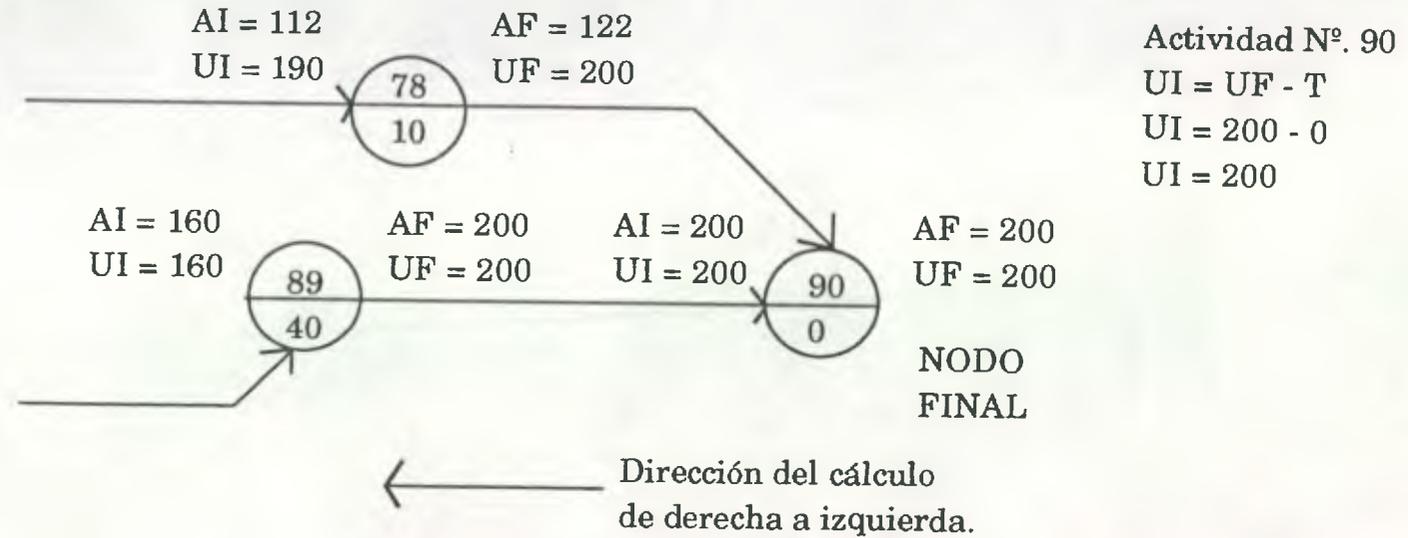
Por lo tanto el AF que aparezca en la parte superior derecha del nodo final será la duración TOTAL del proyecto, es decir: "el tiempo máximo que consume el proyecto para su desarrollo".

3.4.1.6 TIEMPOS MAS TARDIOS (UI Y UF)

Para el cálculo de los "tiempos más tardíos", se procederá a partir del NODO FINAL con dirección opuesta al cálculo inicial, es decir, hacia el nodo inicial, valga recalcar de DERECHA a IZQUIERDA.

El UF = ULTIMO FINAL, es la fecha tope en que puede terminarse una tarea sin retrasar el proyecto total más allá de la fecha límite = "T", (tiempo total de duración del proyecto). 34

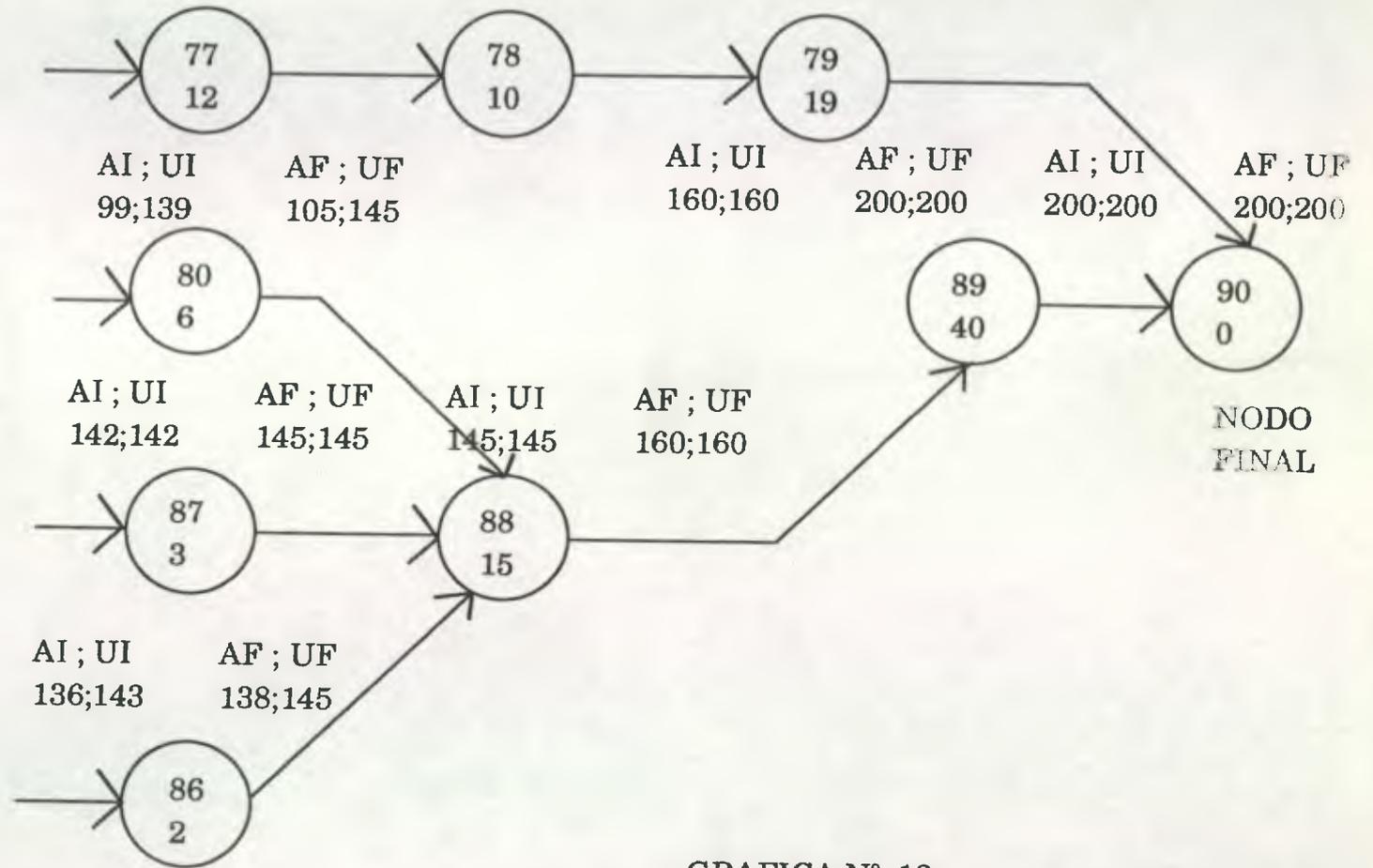
Por lo tanto la fecha del "último inicio = UI" se define como $UF - t$, siendo t la duración de la actividad que es CERO. De allí que $UF - 0 = UI$ para el nodo final. Ver gráfica N°. 12.



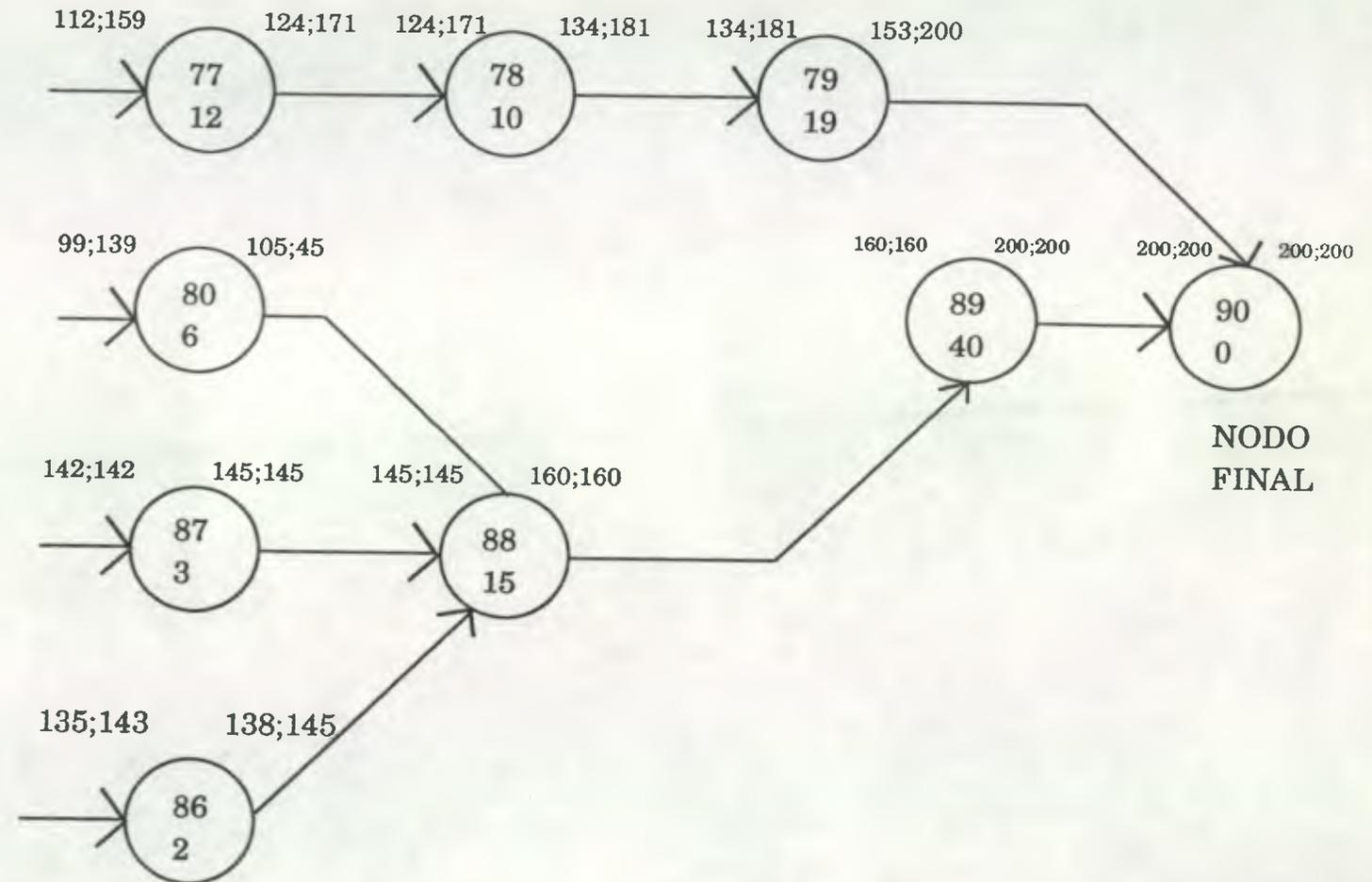
Gráfica N°. 12
 TIEMPOS DEL NODO FINAL

Este diagrama como ejemplo se han incluido todas las siglas AI, AF, UI, y UF. Sin embargo en la práctica ya no se utilizan las siglas o abreviaturas, sino que simplemente se colocan los datos numéricos separados por un punto y coma siempre en la parte superior del nodo, a la derecha y a la izquierda así:

AI ; UI	AF ; UF	AI ; UI	AF ; UF	AI ; UI	AF ; UF
112;159	124;171	124;171	134;181	134;181	153;200



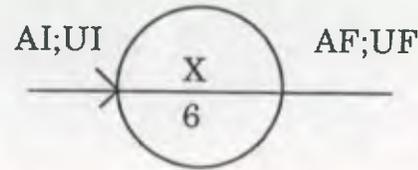
GRAFICA Nº. 13
COLOCACION DE LOS TIEMPOS DE LA RED



Gráfica Nº. 14

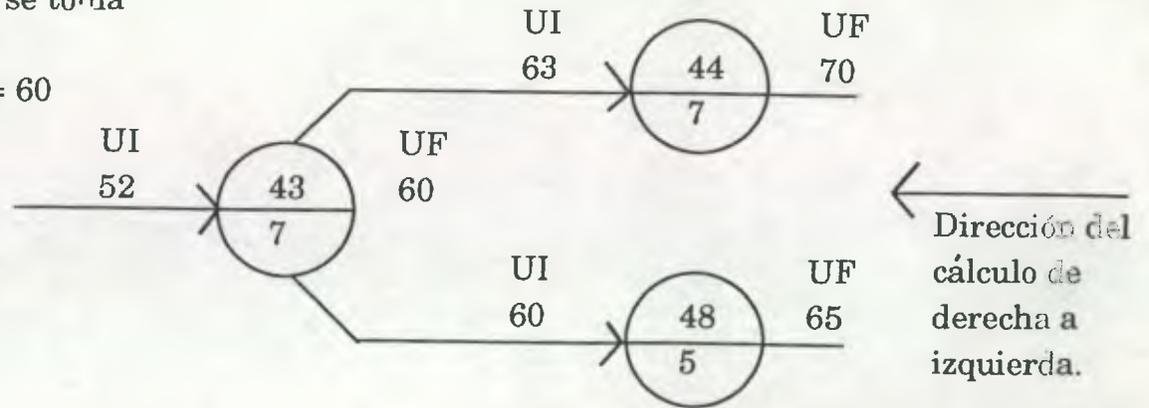
Presentación final de la red, sin colocar las siglas AF, UF, UI UF.-

De esta manera al lado izquierdo de cada nodo (siempre en la parte superior del círculo que lo representa) tendremos primero AI y luego UI. Y en la parte derecha del círculo del mismo nodo, primero AF y luego UF. Siempre separado por punto y coma.



Gráfica N°. 14
COLOCACIÓN DE LOS TIEMPOS EN LOS NODOS

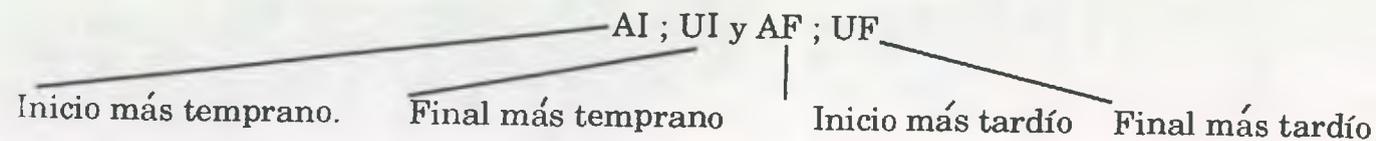
Cuando a una actividad o nodo llegan varias cadenas de actividades se deberá tomar como "UF" de la actividad el MENOR de los valores de las cadenas de actividades que convergen a ella.-
Para la actividad 43 se toma el UI menor $63 > 60$
UF de actividad 43 = 60



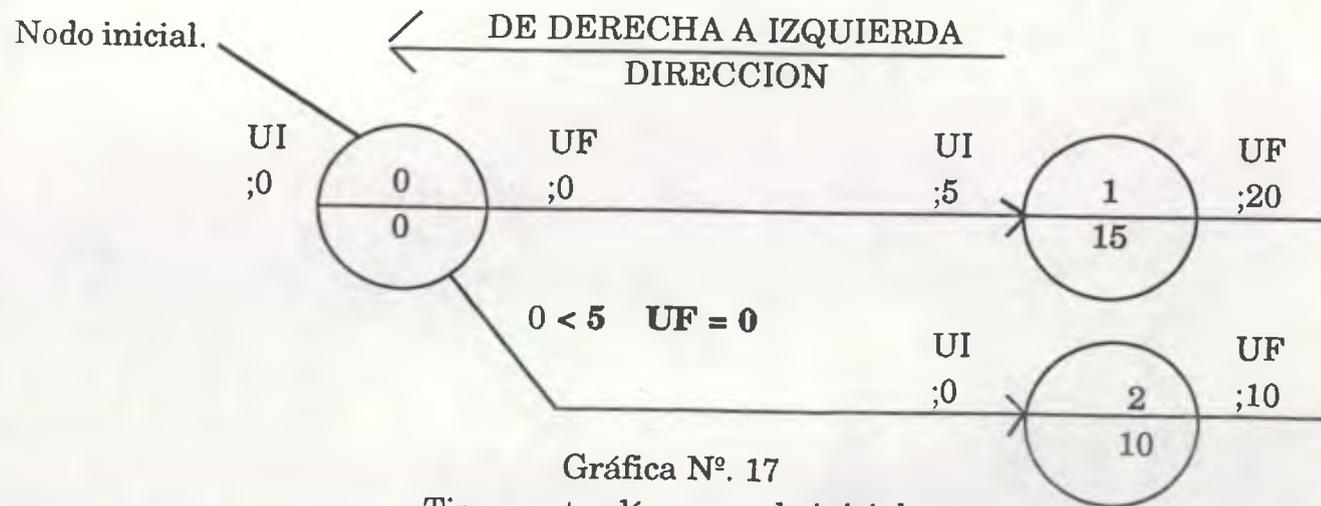
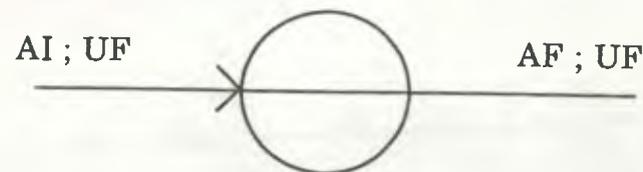
Gráfica N°. 16
Forma de calcular el UF, "el último final" de cada actividad, tiempos tardíos.-

Se continúa de esta manera hasta llegar al “nodo inicial”, en el cual se debe igualar el “UF al UI”. 38

Después de haber efectuado todos los cálculos en cada uno de los círculos que representan las actividades deberán aparecer cuatro cantidades, tal y como se mostró en la gráfica N°. 15. Estas cantidades son los valores numéricos de:



Datos que aparecen sobre cada nodo o actividad:



Tiempos tardíos en nodo inicial.

3.4.1.7 TIEMPOS FLOTANTES

En la parte anterior cuando se analizó genéricamente la programación se hizo mención de los tiempos flotantes y se enumeraron como flotante total, libre, independiente y programado.-

Ahora que se está tratando con mayor profundidad el mismo aspecto de programación, cabe definir y explicar exactamente en que consisten estos términos, sinónimos de las holguras para el método CPM.-

Al terminar los cálculos de los tiempos de cada una de las actividades y encontrar la ruta que consume MAYOR TIEMPO, queda por calcular únicamente los tiempos flotantes de las actividades que posean esa característica.-

Una de las características de los tiempos flotantes es que en las cadenas de las actividades NO-CRITICAS aparecerán los tiempos flotantes que nos servirán para indicarnos, dependiendo de la cantidad de tiempo con que se cuente, la POSIBILIDAD de la aparición de nuevas rutas críticas al ser consumidos o utilizados los tiempos flotantes, debido a algún retraso.-

3.4.1.7 .1. TIEMPO FLOTANTE TOTAL (FT)

El tiempo flotante total es equivalente a lo que se denomina en el método PERT como "holgura de actividad".

El flotante total se calcula de la siguiente manera: Se establece la diferencia entre el "tiempo lo más tarde permisible" o "de final más tardío" en que se puede terminar una actividad y el "tiempo más temprano posible" o "de inicio más temprano" de una actividad.

A la diferencia anterior se le resta la duración de la actividad ("t") y se obtiene el flotante total (FT". 40

$$FT = UF - AI - t$$

Ejemplo:

Si el tiempo más tarde permisible es 20 (AF) AI, y el tiempo lo más pronto posible para comenzar es 11 (AI). La diferencia entre ambas es 9 y suponiendo que la duración de la actividad es de 5 unidades de tiempo.. El cómputo de la holgadura o tiempo flotante total será entonces $9 - 5 = 4$. Cuatro unidades de tiempo constituyen el resultado encontrado como flotante total.

El tiempo flotante total es la holgura que permite el que una actividad, se pueda demorar sin afectar el tiempo programado en el proyecto. Todas las actividades que tienen tiempos flotantes igual a cero (0) son **ACTIVIDADES CRITICAS**.

El tiempo flotante total es utilizado por el programador del proyecto para "nivelar" los recursos con los que cuenta la compañía constructora (si este fuese el caso). Estas holguras permiten poder retrasar el inicio de algunas actividades, una cierta cantidad de tiempo sin retrasar el inicio de las actividades siguientes, ni aumentar el tiempo total de la ruta crítica.

Sin embargo cabe aclarar que si el tiempo total flotante de una cadena de actividades **NO-CRITICAS**, es consumido en retrasar una actividad únicamente, el resto de actividades se convertirán en **CRITICAS**, creando un nuevo camino o ruta crítica.

Lo más recomendable en lo posible es que **el tiempo flotante total** sea repartido entre las varias actividades que forman la cadena.

De lo expuesto anteriormente se deduce que el tiempo flotante total es la suma de todos los tiempos flotantes de las actividades de una cadena. 41

3.4.1.7.2. TIEMPO FLOTANTE LIBRE (FL)

Otro tiempo flotante importante de considerar es el flotante libre.

Se defina como el "MAXIMO TIEMPO QUE PUEDE RETRASARSE LA FINALIZACION DE UNA ACTIVIDAD PARA NO RETRASAR EL INICIO DE LA SIGUIENTE O SIGUIENTES ACTIVIDADES" y se calcula mediante la siguiente fórmula simple:

$$FL = (AF - AI) - t$$

Siendo el final más temprano (AF) de la actividad analizada y el inicio más temprano de la misma (AI). Cuando el tiempo flotante libre es muy pequeño indica "qué tan cerca está la actividad de volverse crítica".

Otra forma de definir el tiempo flotante libre es la cantidad de holgura disponible después de realizar la actividad, si todas las actividades del proyecto han comenzado en sus tiempos "lo más pronto posible" (AI) de inicio. O sea, la diferencia de los tiempos lo más pronto posible de comenzar y terminar menos la duración de la actividad (t).

Ejemplo:

Si los tiempos más pronto para comenzar de dos actividades son 22 y 18 y la duración de la actividad es 1. Si los tiempos de inicio más temprano (AI) y más tardío (UI).

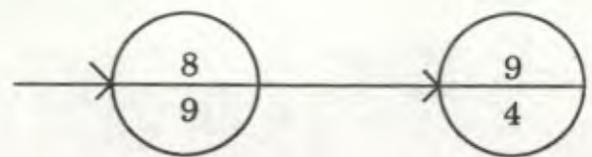
Entonces $22 - 18 = 4 - 1 = 3$. Tres unidades de tiempo tendremos entonces como tiempo flotante libre.

De tal forma que si se lograra retrasar dos unidades de tiempo la primera actividad mencionada, para que se lograra cumplir con el tiempo programado el proyecto, la siguiente actividad no debe ser demorada en ningún momento. Mientras que el tiempo flotante libre nos indica que si se quiere iniciar la segunda actividad en cuestión en su tiempo "lo más pronto posible" la actividad precedente no deberá disponer de ninguna holgura de tiempo.

El tiempo flotante libre, desde el punto de vista de la dirección del proyecto, es MAS INTERESANTE PARA EL CONTROL DEL PROYECTO.

Como ejemplo de la forma de calcular los tiempos flotantes total y libre se utilizará el siguiente diagrama:

AI: UI	AF: UF	AI: UI	AF: UF
25;45	34;56	34; 56	38:60



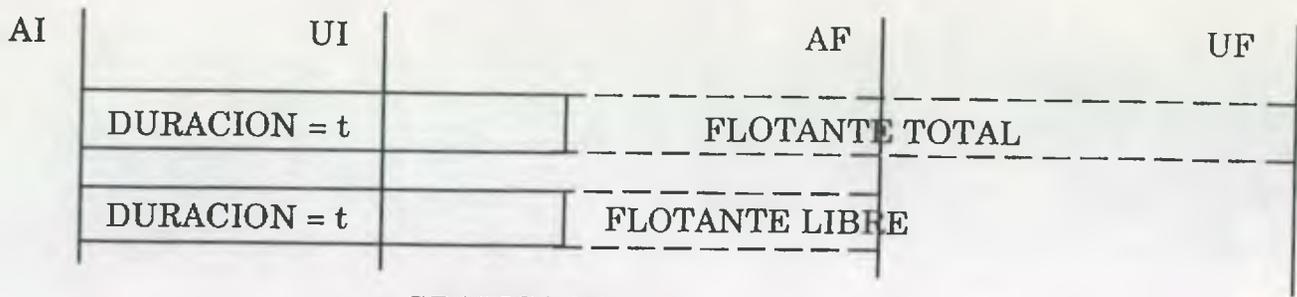
PARA LA ACTIVIDAD No. 8

$$FL = (AF-AI)-t \quad FT = (UF-AI)-t$$

$$FL = 34 - 25 \quad FT = 56-25-9$$

$$FL = 9-9 = 0 \quad FT = 22$$

Gráfica No. 18
Calculo de los "tiempos flotantes LIBRE Y TOTAL" de actividad



GRAFICA Nº. 19
 REPRESENTACION DE LOS TIEMPO FLOTANTES "TOTAL" Y "LIBRE"

3.4.1.7.3 TIEMPO FLOTANTE INDEPENDIENTE

El tiempo flotante independiente y el flotante programado son de menor importancia que los dos anteriormente descritos. Por lo tanto sólo se darán las definiciones de ambas a título de información complementaria para no dejar de mencionarlas y hacer así más completo este trabajo de tesis.

El tiempo flotante independiente es la holgura disponible de una actividad cuando la actividad ha terminado en el "tiempo lo más tarde permisible" y la actividad subsiguiente a la considerada comienza en el "tiempo lo más pronto posible". Esta holgura por lo general es escasa, y a veces NEGATIVA.

3.4.1.7.4 TIEMPO FLOTANTE PROGRAMADO

El tiempo flotante programado tiene por objeto la distribución del tiempo flotante total, de una sub-ruta no crítica según algún criterio subjetivo, tal como el grado de incertidumbre de la estimación de la duración esperada o la función de la proximidad de la actividad a la ruta crítica o incluso, también la desconfianza en el cumplimiento de plazos de entrega de ciertos suministros o subcontratistas etc.

3.4.1.8 DETERMINACION DE LA RUTA CRITICA

Al terminar de calcular los tiempos flotantes de cada una de las actividades que forman la red o diagrama del proceso, se determinará la RUTA CRITICA, de la siguiente manera:

La RUTA CRITICA ESTARA FORMADA POR TODAS LAS ACTIVIDADES QUE TENGAN UN FLOTANTE TOTAL IGUAL A CERO. $FT = 0$.

En los proyecto que tienen gran cantidad de actividades se puede apreciar que el número de las mismas que son críticas, andan en el orden del diez por ciento de total de las actividades. Desde luego este porcentaje puede variar dependiendo del tipo de proyecto.

Es muy importante mencionar y recalcar el cuidado que debe tener el programador en verificar los tiempos que le fueron proporcionados, por el equipo de campo para la ejecución de las actividades.

Como norma general deberá verificar primero las CRITICAS y luego a continuación las actividades que presentan un flotante total pequeño, ya que estas actividades son "casi críticas".

3.4.1.9 PROBLEMA COSTO-TIEMPO

La utilidad del método de la ruta crítica no termina cuando se encuentran las actividades que controlan el proceso. Una de sus características principales es que funciona como un auxiliar financiero, ya que la ruta crítica encontrada es la que se ejecutaría en los "tiempos normales" de cada una de las actividades. Frecuentemente se presentan casos en los que hay restricciones de tiempo para la finalización de un proyecto por lo que se debe "comprimir" la red en algunas actividades críticas con el consiguiente aumento, en los costoso directos y decremento en los costos indirectos (gastos fijos).

Los aumentos de estos costos se pueden evaluar mediante el método de la ruta crítica. También se puede analizar en la misma diagramación los cambios que se suceden en la ruta crítica debido a estas compresiones de tiempo en las actividades críticas. 45

Es claro que la ejecución de las actividades tienen un límite en cuanto a ser comprimidas, ya que llega el momento en que, aunque se aumenten los recursos no disminuye el tiempo de la ejecución de la actividad. A esto se le llama el punto de ruptura. Es por eso que es importante recalcar la necesidad de balancear los recursos en el tiempo.

Para el acortamiento de la duración de un proyecto, como se dijo, es necesario acortar la duración de las actividades críticas. Sin embargo existe la interrogante de cuáles son las actividades críticas más convenientes de acortar. Por un lado puede privar el criterio del costo, pero existen otros criterios como el del "control", y la repercusión que puede tener todo el proceso al elegir el acortamiento de una actividad en vez de otra.

Toda reducción de tiempos implica obligadamente un aumento en el esfuerzo a realizar. Por lo tanto una norma muy importante es el REDUCIR LOS TIEMPOS EN LA MENOR CANTIDAD POSIBLE DE ACTIVIDADES CRITICAS.

Otro criterio aplicable es el reducir tiempos en actividades que no involucren la simultaneidad de ejecución de dos eventos críticos o más.

Si se escoge una actividad crítica para reducirle tiempo con miras a acortar la duración del proyecto y el mismo acortamiento provoca forzosamente la creación de nuevas actividades críticas, que además de dificultar el control del proyecto total desbalancea los costos y la red en general, debe descartarse y elegir otra actividad crítica que no ocasione tal resultado.

La selección de una programación particular entre muchas otras posible, depende de los objetivos que se persigan. 46

Expondré un ejemplo para explicar la selección de criterios:

Se tiene un proyecto en el cual se programó en base al menor costo directo posible. Esto ocurrió cuando todo es "normal". Su cálculo en tiempo resultó ser de 50 semanas.

Pero esto no quiere decir que el costo total del proyecto deba forzosamente ser al mínimo. Es decir, se puede tener un mínimo en el costo directo, pero el costo total puede ser desfavorable. Por lo tanto es necesario reprogramar y buscar otras alternativas, no quedándose únicamente con la que a primera vista parece ser la programación ideal.

Si la duración es más importante que el costo directo total, se elegirá una programación diferente la cual, no implica que carezca de holguras.

Para elegir la programación más económica se debe tener en consideración el "costo indirecto".

El costo indirecto está conformado básicamente de tres elementos:

- Gastos Generales Fijos
- Pérdidas de Producción
- Sanciones económicas impuestas por el contrato

Es evidente que el incremento del costo indirecto es paralelo y directamente proporcional al incremento de la duración del proyecto.

Por lo tanto supongamos, que el incremento semanal del costo indirecto es de Q. 1,000.00 y se han hecho diferentes cálculos de costos directos para diferentes tiempos y de los cuales se escogió el de 50 semanas porque era el de menor costo directo.

El siguiente cuadro muestra los resultados de las diferentes programaciones a diferente plazo.

DURACION EN SEMANAS	COSTO DIRECTO QUETZALES	COSTO INDIRECTO QUETZALES	COSTO TOTAL QUETZALES
38	733,00.00	380,000.00	1,113,000.00
40	696,000.00	400,000.00	1,096,000.00
42	666,000.00	420,000.00	1,086,000.00
44	644,000.00	440,000.00	1,084,000.00
46	630,000.00	460,000.00	1,090,000.00
50	610,000.00	500,000.00	1,110,000.00

CUADRO Nº. 3 COSTOS

Como se podrá observar cuanto más largo es el plazo de ejecución del proyecto menor es el costo directo pero a su vez aumenta el costo indirecto. Pero el costo total es variable.

La programación óptima, o sea combinación óptima de la duración y del costo del proyecto es aquella que corresponde al punto mínimo de la curva del costo total.

En el diagrama siguiente se puede ver que para el presente caso la programación a 44 semanas es la óptima, ya que por duración y por costo es la mejor que la de 50 semanas. (ver gráfica 19).

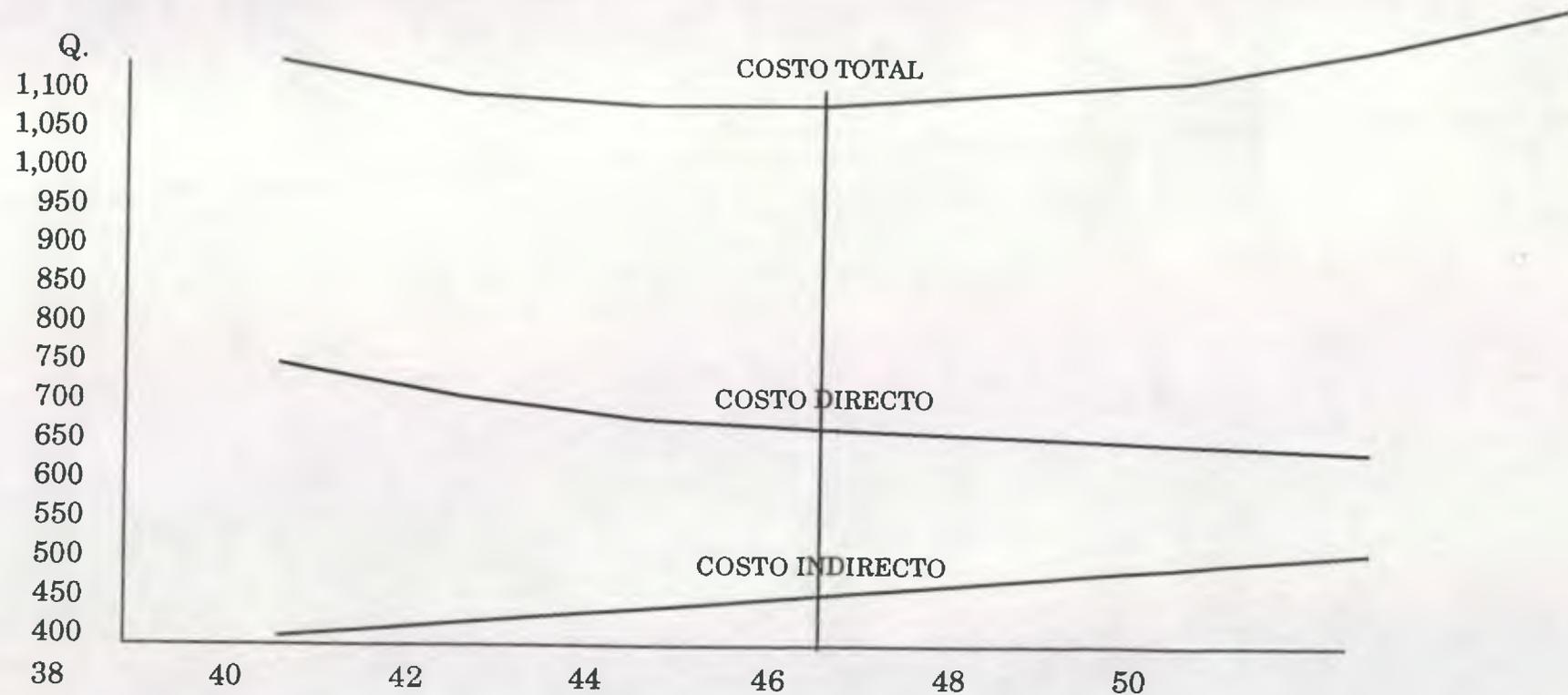
3.4.1.10. PRESENTACION DE LA RUTA CRITICA

Cuando se han terminado los pasos anteriores, resta únicamente la presentación de la RUTA CRITICA para que la puedan utilizar todos los encargados de la ejecución del proyecto.

48

La forma más clara para presentarla es por medio del diagrama de barras, tal y como se ha apuntado antes, especificando cuáles son las ACTIVIDADES, (EVENTOS CRITICOS) dentro del mismo diagrama de barras.

De esta manera se podrá controlar el avance de las actividades principales con mayor cuidado.



GRAFICA N° 19
REPRESENTACION DE COSTOS.

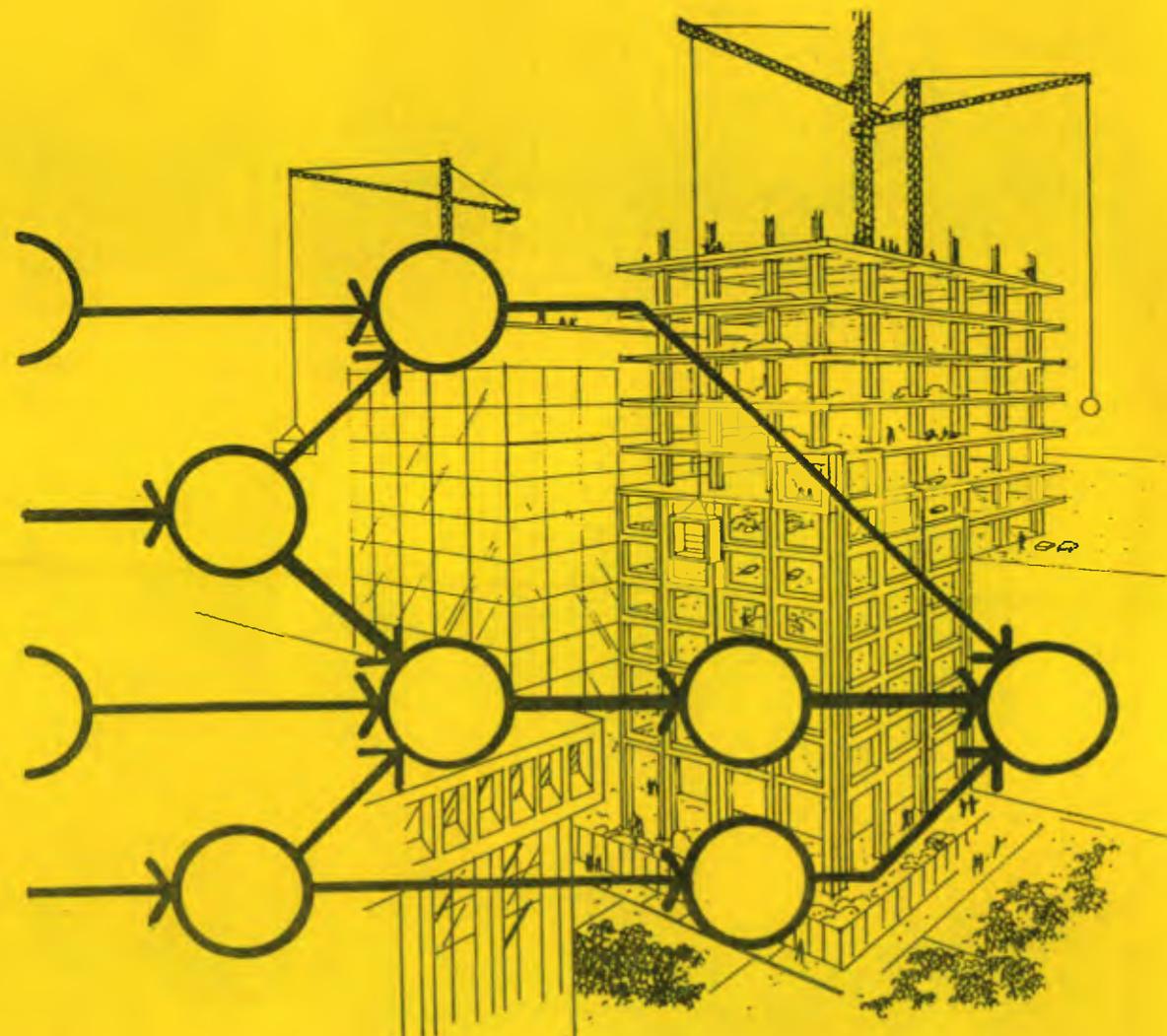
Para aclarar todo lo anteriormente expuesto se presentará un ejemplo al final de esta tesis.

3.5 VENTAJAS DE UTILIZAR EL CPM

- Separa la Programación de la Planificación
- Divide la Planificación en dos fases:
 - a. Divide el proyecto en las actividades que lo forman
 - b. Hace una secuencia de ejecución de las actividades que forman el proyecto
- Representa el plan de ejecución mediante una gráfica de flechas (nodos orientados)
- Utiliza métodos pertinentes de la rama de las matemáticas conocida con el nombre de "Programación Lineal"
- Para proyectos no muy grandes (menores de 300 actividades) se pueden calcular manualmente.
- Permite prever cualquier cambio que se presente durante la ejecución del proyecto y corregir la ruta para que no haya atrasos en el cumplimiento de la fecha de entrega del proyecto.

3.6 DESVENTAJAS DEL CPM

- Para compañías pequeñas que no posean una computadora se les presenta el problema de que para solucionar una red muy completa, deberán adquirir o alquilar una computadora, aunque los costos de las mismas en los modelos de minicomputadoras ya no son prohibitivos tal y como lo era en años anteriores.



CAPITULO 4

PERT

4.1 HISTORIA DEL PERT

Este método para Planificación, Programación y Control; se desarrolló casi simultáneamente con el método CPM, en los Estados Unidos de Norte América en el año 1958.

Cuando la Marina de los Estados Unidos comenzó el proyecto del Submarino Atómico "Polaris", se dieron cuenta que no sólo debían vencer las dificultades técnicas y científicas, sino también el problema de coordinación y control de estos enorme esfuerzos. En este proyecto habían 250 contratistas directos y más de 9,000 sub-contratistas, que suponían gran cantidad de recursos y factores humanos y por tanto, era preciso encontrar una nueva técnica para desarrollar el proyecto que contaba con más de 3,000 actividades, en una forma eficiente bajo un nivel razonable de costo y tiempo.

En colaboración con la casa Booz, Allen y Hamilton, se iniciaron los conceptos básicos del sistema o método PERT. Las siglas PERT corresponden a PROJECT EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE.

Este método servirá como instrumento de planificación, comunicación, control e información.

El resultado de la aplicación de esta nueva técnica fue el ahorro de dos años en un proyecto de cinco de duración total.

Este éxito no sólo impresionó en el campo militar, sino también en otros sectores; su utilización se extendió rápidamente en el campo industrial y comercial. Hoy prácticamente en los Estados Unidos todas las empresas utilizan el PERT para controlar sus proyectos, especialmente las que están vinculadas con el Departamento de la Defensa.

4.2 CARACTERISTICAS GENERALES DEL METODO PERT

4.2.1 DIFERENCIA CON EL METODO CPM

El método PERT se diferencia básicamente del CPM, en el mayor o menor grado en que es utilizado para proyectos en los cuales no se tiene ninguna experiencia previa en cuanto a la duración DE LAS ACTIVIDADES. Ya vimos anteriormente que la experiencia de proyectos similares hacen mucho más fácilmente aplicable el método CPM. La incertidumbre de duración de eventos es fácilmente solucionable ya que se cuenta con elementos de juicio basado en experiencias anteriores y experiencia personal del equipo de trabajo. Las holguras se calculan de diferente manera.

El método PERT es un método PROBABILISTICO. Es decir, está basado en la rama matemática de la ESTADISTICA, por lo que se incorporan en su desarrollo una serie de conceptos más sofisticados y específicos que no son necesarios en el CPM.

En general se puede decir que el PERT puede ser manejado solamente por personas cuya capacitación profesional es mayor y más profunda, que les permita utilizar criterios y variables mucho más complejas ya que se trata de resolver problemas de dificultad mayor, por lo general "Pioneros" en su género.

4.2.3 NUEVOS CONCEPTOS A INTRODUCIR EN EL PERT

En muchos casos, en los proyectos no nos pueden decir la fecha exacta de la terminación de un trabajo, pero si nos pueden decir el tiempo más probable en que el trabajo se puede terminar según experiencias anteriores y su juicio sobre la carga actual de los recursos. Sin embargo, siempre hay imprevistos que pueden adelantar o retrasar la fecha de terminación.

El sistema PERT ha tenido gran éxito por su forma de calcular la duración de una actividad.

Este sistema consiste en hacer la pregunta:

¿CUÁL ES EL TIEMPO ESPERADO de duración del evento? Para ello se introducen otros conceptos sobre tiempos:

- TIEMPO ESPERADO (Te)
- TIEMPO NORMAL (Tn); también llamado tiempo más probable
- TIEMPO OPTIMISTA (To)
- TIEMPO PESIMISTA (Tp)

El tiempo esperado (Te) es la respuesta buscada. Es básicamente la incógnita a despejar mediante la utilización de otros conceptos. Estadísticamente este concepto coincide con el de ESTIMACION MEDIA DEL TIEMPO DE DURACION que suele indicarse con las siglas (De).

El tiempo normal (T_n), también llamado tiempo más probable y algunos autores la denominan “m”.

Es el tiempo normal en que la actividad puede llevarse a cabo y cuyo resultado se obtiene frecuentemente, repitiendo la actividad muchas veces bajo las mismas circunstancias. Estadísticamente corresponde al concepto de “MODA”.

El tiempo o fecha optimista (T_o), algunos autores la denominan como “a” ya que es el inicio del tiempo de incertidumbre en la duración de una actividad.

Es el tiempo mínimo que se requiere para la terminación de la actividad si todos los factores del trabajo marchan con “buena suerte”. La probabilidad de que se cumpla esta fecha o tiempo optimista es aproximadamente de 1%.

El tiempo o fecha pesimista (T_p), también la denominan “B” por ser el tiempo donde termina el período de incertidumbre de la duración de una actividad.

Es el tiempo “MAXIMO” en que la actividad puede tener lugar y cuyo resultado ocurre solamente en el caso de la “mala suerte”, como por ejemplo: descompostura de máquinas, cortes en el suministro eléctrico o suministros en general, enfermedades del personal, etc.

Sin embargo, no se deben estimar en el tiempo pesimista incluyendo todos los contratiempos extremistas, pues en la vida normal no suelen suceder tales casos, por ejemplo: huelgas generales, epidemias, incendios, etc. si se tienen en cuenta estos sucesos en los cálculos del tiempo pesimista, éste sería infinito.

Tanto los tiempos optimistas como los pesimistas deberán ser proporcionados por las personas encargadas de la realización de cada actividad. Cualquier otra fuente de información no será confiable y tan sólo será considerada como base de comparación.

4.2.4 CALCULO DEL TIEMPO ESPERADO (T_e)

Matemáticamente hablando el (T_e) es la medida aritmética, que cuando la distribución entre el tiempo optimista y el tiempo pesimista, es asimétrica y no divide a ésta en partes iguales (lo cual resultaría ser la "mediana"), sino que va a ser mayor que la mediana si la distribución es asimétrica hacia la izquierda, o menor que la mediana si la distribución es asimétrica hacia la derecha.

El cálculo del tiempo esperado o la estimación media del tiempo de duración, se calcula con la siguiente

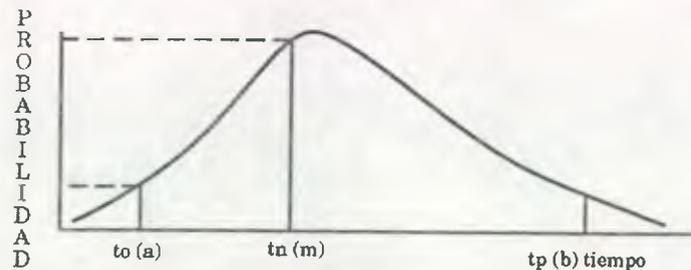
$$\text{fórmula: } T_e = \frac{T_o + 4T_n + T_p}{6}$$

4.2.5 DISTRIBUCION BETA

Los inventores del método PERT descubrieron la similitud existente entre este método y la llamada distribución Beta o "Ley B", en la que intervienen los T_o y T_p ; corresponden a los extremos izquierdo y derecho de la curva de distribución, siendo T_n el tiempo más probable.

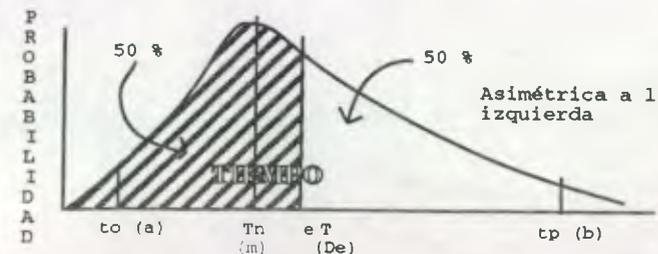
Cuando el (T_e) es único (caso determinado), la actividad se finalizará en la fecha fijada con certeza. Esto sucede cuando se considera que la probabilidad de éxito es de 100%.

Al no tener esa certeza, se recurre a los tiempos ya mencionados T_o y T_p , con los cuales se puede hacer la distribución de PROBABILIDADES. El T_e , (media) no coincide, por lo general con la moda o T_n ; sino que es aquel que divide la distribución en dos áreas con el 50% de probabilidades aproximadamente.



GRAFICA N° 21
CURVA DE TIEMPOS

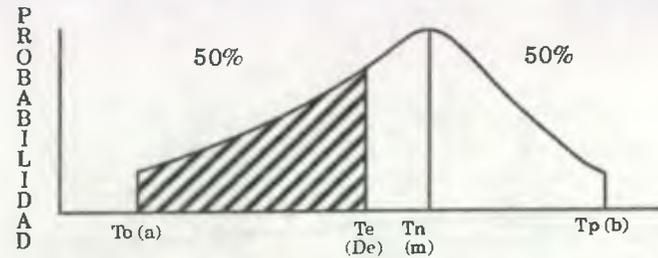
Si aquí decimos que la divide en dos partes con el 50% aproximadamente, cada una de ellas es porque lo que pretendemos es explicar gráficamente la posición del T_e ; con cierta aproximación.-



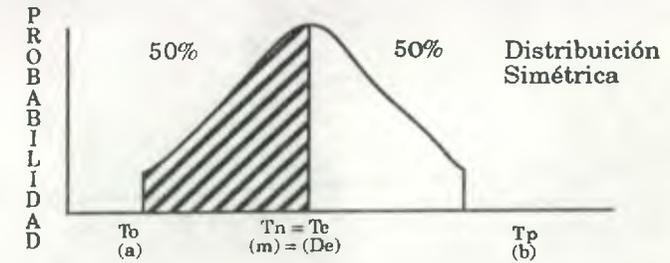
GRAFICA N° 23
CURVA DE TIEMPO ASIMETRICA A LA IZQUIERDA

En la gráfica No. 23 la zona ashurada ocupa un 50% de la distribución. En Tn coincide siempre con la moda de distribución.

El Te será mayor que el tiempo normal (Tn); cuando el Tn esté más cerca del Te o sea: la distancia entre el Te y Tn es menor que la distancia entre Tp y Tn. En este caso la distribución de probabilidades será asimétrica a la izquierda. En el caso contrario, el Te será menor que el Tn, si la distancia entre Te y Tn es mayor que la distancia entre Tp y Tn; se tendrá entonces una distribución asimétrica a la derecha, tal como se muestra en la gráfica No. 22-



GRAFICA N°. 24
te < tn, ASIMETRICA A LA DERECHA



GRAFICA N°. 25
GRAFICA PARA TIEMPO NORMAL IGUAL A TIEMPO ESPERADO

Cuando las distancias entre To y Tn y entre Tp y Tn son iguales, el Te será igual a Tn. Ver gráfica No. 25. El Te sirve sólo para indicar la fecha de terminación de cierta actividad con la mayor aproximación de acertar. Pero, en el transcurso de realización de las obras, el tiempo realmente necesitado no se puede saber con exactitud hasta que se termine la actividad. Por eso la duración de la actividad en este caso es una VARIABLE ALEATORIA siguiendo una distribución de probabilidad.

4.2.6 DESVIACION ESTANDAR Y VARIANCIA; GRADO DE INCERTIDUMBRE

El grado de incertidumbre en la duración de las actividades está dada por la fórmula de la DESVIACION ESTANDAR:

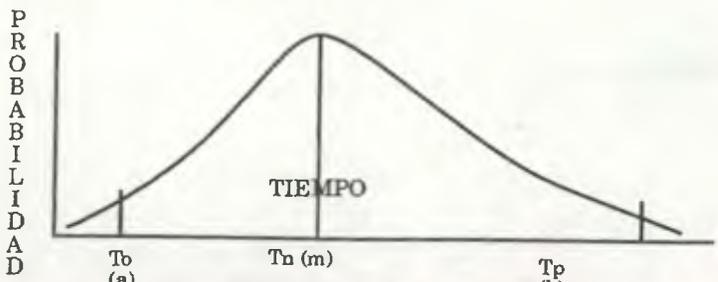
$$Ge = \frac{Tp - To}{6}$$

Es importante la introducción de un nuevo concepto llamado "VARIANCIA", el cual expresa cuál es la situación del valor medio respecto a los extremos. La variancia es un término estadístico que sirve para expresar, la incertidumbre de la distribución de probabilidades.

La variancia (Ve) indica el riesgo de no acertar la duración media; calculada de la actividad. La Variancia está expresada por la siguiente fórmula:

$$Ve = \frac{Tp - To^2}{6}$$

En esta fórmula se ve que si la fecha o tiempo optimista To y el pesimista Tp, están muy distantes, existe una gran incertidumbre respecto al tiempo en que la actividad podrá ser terminada. Por lo tanto el valor de Ve será mayor también.



GRAFICA Nº. 26
DISTRIBUCION "A"

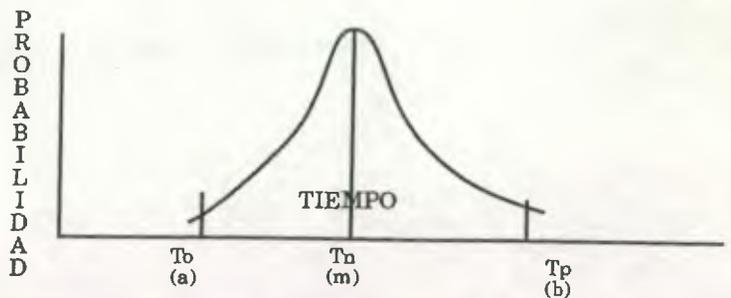


GRAFICO Nº. 27
DISTRIBUCION "B"

En estas dos gráficas la distancia entre To y Tp, en la distribución A es mayor que en la distribución B. Por lo tanto la Ve (A) es mayor que Ve(B).- $Ve (A) > Ve (B)$ Analicemos unos ejemplos:

Actividad	To	Tn	Tp	Te	Ve	Observaciones
A	2	15.5	20	14	9	Asimétrica a la Derecha
B	8	14	20	14	4	Simétrica
C	14	14	14	14	0	Estimación Unica

Este cuadro es la tabulación de tres ejemplo cuyo cálculo por medio de la fórmula para encontrar T_e y V_e veremos a continuación: 56

$$A) \quad T_e = \frac{2 + 4(15.5) + 20}{6} = 14$$

$$V_e = \frac{20 - 2^2}{6} = 9$$

$$B) \quad T_e = \frac{8 + 4(14) + 20}{6} = 14$$

$$V_e = \frac{20 - 8^2}{6} = 4$$

$$C) \quad T_e = \frac{14 + 4(14) + 14}{6} = 14$$

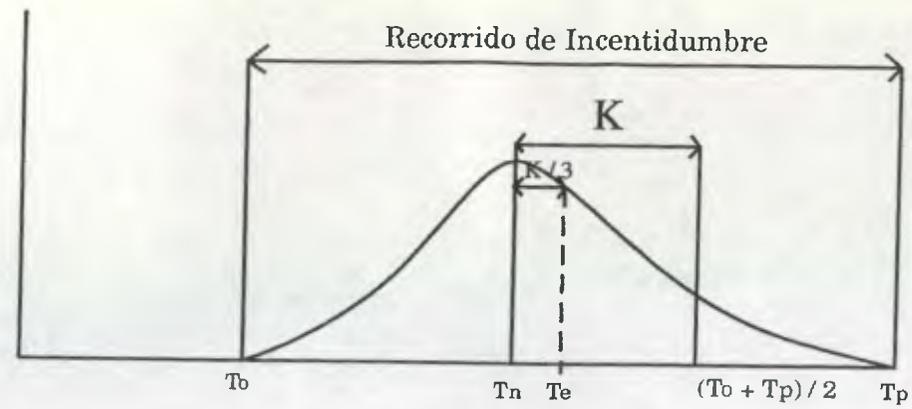
$$V_e = \frac{14 - 14^2}{6} = 0$$

Esto quiere decir, que a pesar de que las tres actividades A, B y C tienen la misma duración media, es decir el T_e es igual para las tres; la actividad A corre mayor riesgo de no acertar la duración media o T_e en el curso de la realización y a su vez, en el evento B el riesgo es mayor que en la actividad C, ya que este último es un caso determinístico.

Este dato nos ha sido proporcionado por el cálculo de V_e para cada uno. Mientras mayor sea V_e , mayor será el riesgo que se corre.

Si deseamos saber en donde ocurrirá el T_e , en la distribución podemos considerar que el T_e está situado en la tercera parte de K , siendo k la distancia entre el T_n y el promedio del Tiempo Optimista y el Pesimista; es decir:

$$\frac{T_o + T_e}{2} = K$$



GRAFICA Nº. 28
INCERTIDUMBRE

En efecto:

$$Te - Tn = \frac{1K}{3} = \frac{1}{3} \frac{To + Tp - Tn}{2}$$

Tenemos la fórmula:

$$\frac{Te = To + 4Tn + Tp}{6} \quad (1)$$

Poniendo la fórmula (1) de otra manera:

$$Te = \frac{1}{3} \frac{To + Tp}{2} + 2 Tn \quad (2)$$

También podemos poner:

$$Te = \frac{1}{3} \frac{To + Tp - Tn}{2} + Tn \quad (3)$$

Pasando Tn al lado izquierdo, tenemos:

$$Te - Tn = \frac{1}{3} \frac{To + Tp - Tn}{2} \quad (4)$$

La Desviación Estándar tiene como función medir la incertidumbre que existe entre el “tiempo esperado” y sus dos extremos que son el “tiempo optimista” y el “tiempo pesimista”.
Mientras más pequeño sea este valor más cerca estará el tiempo de ser correcto, lo cuál significa que cuando la “desviación estandar” y “la variancia” tiene valor CERO, o sea dicho en otras palabras, cuando las tres estimaciones de tiempo, “To, Te, Tp”, son iguales, nos da una certeza en cuanto a la duración de la actividad.

4.2.7 CALCULO DE PROBABILIDADES

Cuando se utiliza el método PERT es necesario saber cuáles son las probabilidades de cumplir con la fecha estipulada para el desarrollo del proyecto. Esto es posible calcularlo al utilizar la variación de los tiempos esperados y el uso de tablas de distribución normal de probabilidades.

El cálculo de las probabilidades del cumplimiento de un plazo se calcula de la siguiente manera:

Se determina el PARAMETRO "Z", mediante la fórmula:

$$Z = \frac{T_p - T_e}{G_e} = \frac{T_p - T_e}{\sqrt{V_e}}$$

T_p : Tiempo programado

T_e : Tiempo esperado

G_e : desviación estandar

$\sqrt{V_e}$: Raiz cuadrada de la variancia

El valor de la "desviación estándar" se logra sumando las "variancias" para las mismas actividades utilizadas para el cálculo de T_e y extrayéndole la raíz cuadrada de la suma.

El resultado de estos cálculos se utiliza para determinar el nivel de probabilidades, apoyándose además en las tablas de distribución para las curvas normales.

Es necesario hacer notar en este punto que la programación de ocurrencia de un evento en particular para determinar un proyecto, requiere que se señale la incertidumbre en el proyecto, y que los encargados aceptan o no los riesgos.

4.3 MECANICA A SEGUIR PARA EL DESARROLLO DEL PERT

4.3.1 Ordenar las actividades en una forma secuencial lógica.

4.3.2 Desarrollar el diagrama de fechas.

4.3.3 Calcular el tiempo esperado, que es el tiempo normal en el CPM.

4.3.4 Indicar en las flechas del diagrama la variancia o su desviación estándar.

4.3.5 Dibujar el diagrama de flechas, colocándole los tiempos esperados con su respectiva variancia.

4.3.6 Calcular los "tiempos más tempranos", del diagrama de **nodos orientados** en forma similar a la indicada en el CPM, de izquierda a derecha.

- 4.3.7 Barrer el diagrama de nodos orientados de derecha a izquierda, calculando los "tiempos más tardíos" de cada actividad según la fórmula apuntada.
- 4.3.8 Calcular la variancia de cada actividad según la fórmula apuntada.
- 4.3.9 Colocar el valor de cada variancia en cada actividad de la red.
- 4.3.10 Encontrar la Ruta Crítica y el tiempo total de duración del proyecto.
- 4.3.11 Calcular la variancia promedio.
- 4.3.12 Buscar las tablas de distribución normal de probabilidades, aplicando antes la fórmula de ocurrencia o parámetro "Z".
- 4.3.13 Presentar el programa en forma de diagrama de barras o de Gantt.
Para aclarar toda esta mecánica se formula un ejemplo mostrado en la gráfica No. 28 en el que se explican todos y cada uno de los pasos.

4.4 PROBABILIDAD DE CUMPLIR CON UNA FECHA PROGRAMADA

Una de las características principales del PERT ES LA POSIBILIDAD DE CONTESTAR LA INTERROGANTE SOBRE LA POSIBILIDAD DE CUMPLIR CON EL TIEMPO ESPERADO.

$$Z = \frac{TP - Te}{Ve}$$

Para ello hay que basarse en la fórmula del parámetro "Z".
En donde:

Z = Parámetro

Tp= Tiempo programado

Te = Tiempo Esperado (tiempo total del proyecto)

Ge = Raíz cuadrada de variancia esperada, llamada también desviación estándar, ya que $Ge = Ve$.

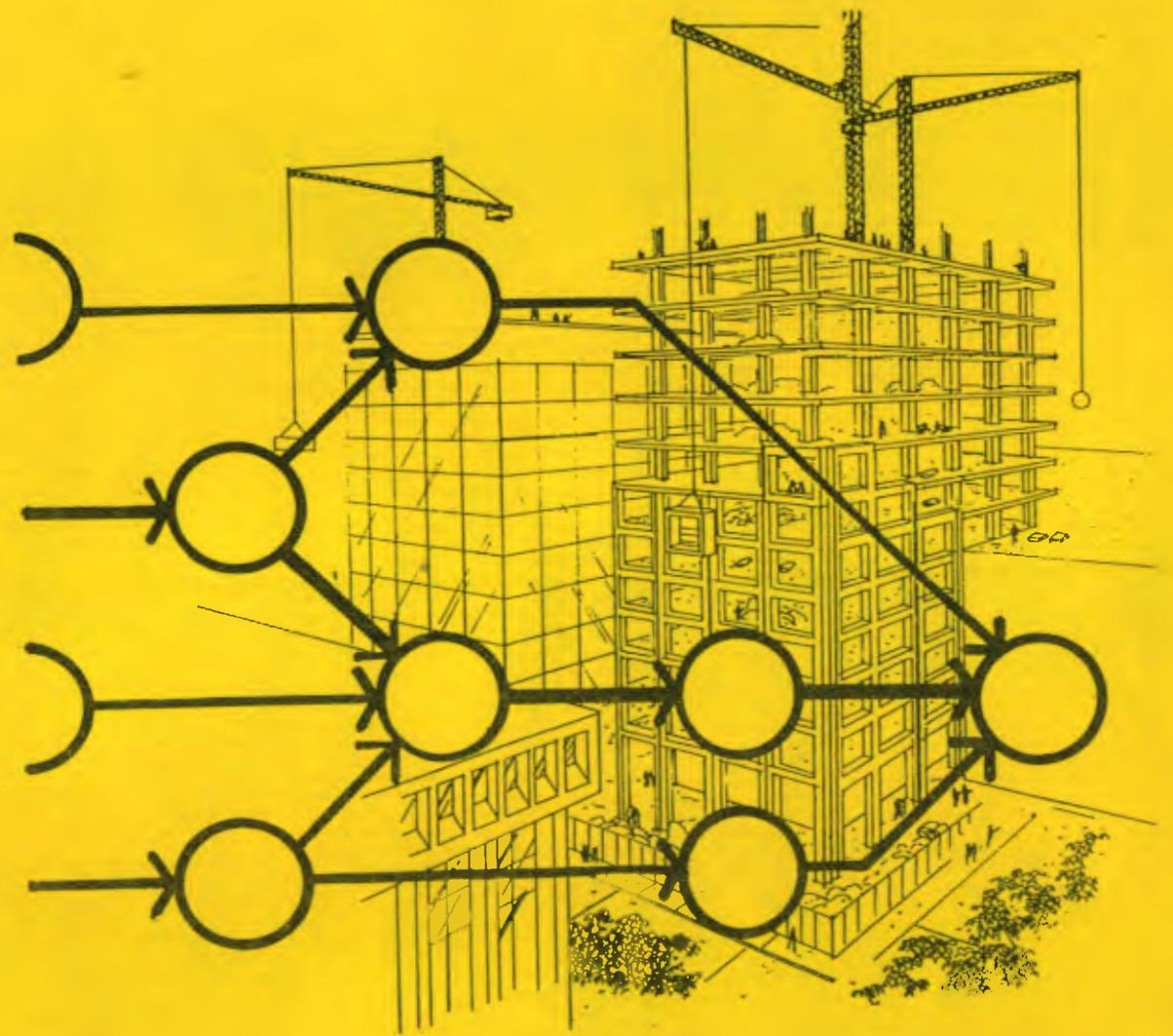
Una vez aplicada la formula anterior, se obtienen resultados que se comparan con una tabla de "Funciones típicas de distribución normal" (curvas).

Después de comparadas se sacará el porcentaje de probabilidades de cumplir con el tiempo esperado. Estos cálculos permiten efectuar los reajustes de fechas programadas hasta alcanzar el nivel de riesgo menor o aceptable.-

60

4.5. VENTAJAS DEL PERT

- 4.5.1 Considera separada la planificación de la Programación
- 4.5.2 Descompone la planificación en dos etapas:
 - 3.5.2.1. Las actividades que componen el proyecto
 - 3.5.2.2. La secuencia de ejecución de las actividades componentes del proyecto.
- 4.5.3 Presenta la planificación en un diagrama de flechas o de nodos orientados.
- 4.5.4 Considera la duración de las actividades como una variable aleatoria.
- 4.5.5. Considere tres duraciones para las actividades.
 - La Optimista
 - La más probable y
 - La pesimista
 - Lo cual ajusta una distribución conveniente de densidad de probabilidades para la duración de la actividad.
- 4.5.6. Utiliza métodos estadísticos.



CAPITULO 5
PROJECT

5.-SISTEMA MICROSOFT PROJECT.

5.1. DESCRIPCION GENERAL

Este sistema ha sido desarrollado por la empresa Microsoft y se utiliza en el ambiente Windows, que se encuentra en cualquier computadora personal, por lo que se ha difundido mucho su uso, no se necesita una máquina de gran capacidad de memoria, como sucedía con el sistema PCS, que necesitaba una computadora IBM 1130, que era del tamaño de un cuarto normal .

El programa Project, que analizaré, será la versión de 1998, que es compatible con Windows 95, 98 y Millenium. es bastante fácil de aprender a utilizarlo, ya que tiene un "tutorial"(ayuda), que paso a paso va guiando al usuario, para poder hacer la programación de un proyecto de cualquier índole.

Lo que tiene que tener claro, la persona que este utilizando el programa, son las actividades o tareas, que son necesarias para poder alcanzar el objetivo, también es necesario que tenga la experiencia para poder calcular los tiempos necesarios para cada una de las actividades y así tener el tiempo total.

Este programa está desarrollado básicamente para encontrar la Ruta Crítica de un proyecto, con la facilidad de poder darle el seguimiento o control del avance del mismo. Incorpora además el uso de los costos y de los recursos necesarios para poder terminar el proyecto, en programas anteriores se calculaban los recursos y costos por separado.

Por la facilidad de poder usar este programa, ahora que se está descentralizado el Estado, las Municipalidades, pueden necesitar el uso de Programas de control de las obras que ejecutan en sus comunidades.

5.2. VENTAJAS DEL PROJECT .

Las ventajas del uso de este Programa, son:

- Se basa en la técnica de redes
- Tiene *un tutorial* (ayuda), que es lo normal en los programas de Microsoft.
- El programa está en idioma Español.
- Además de calcular la ruta crítica, incorpora el cálculo de los recurso y los costos.
- Puede controlar varios proyectos (RAMPS) que se estén ejecutando simultáneamente.
- El calendario de trabajo lo puede modificar el diseñador, para indicar los turnos extraordinarios, el horario, los feriados.
- Para el control, se puede presentar el avance de cada tarea, en porcentaje.
- Tiene una variedad de 26 cuadros para la presentación de los informes.

5.3. DESVENTAJAS.

- Creo firmemente que la única desventaja de este método, es el no contar con un equipo de computación, ya que sin él no se puede trabajar este método.

5.4 TUTORIAL

A continuación hago una descripción del Tutorial, para "Crear un Proyecto"

La introducción del *tutorial*, se inicia así

- A.-Aprender los pasos principales para crear un proyecto.
- B.-Seguir paso a paso las indicaciones para introducir los datos del proyecto.
- C.-Una vez introducida la información, sólo se deberá de continuar el procedimiento indicado por cada lección.

LECCIÓN 1.

5.5 Crear un Proyecto

- A. Establecer la fecha del comienzo o del final del proyecto.
- B. Escribir el título del proyecto, el nombre del administrador y las notas importantes del proyecto, así como una breve descripción.
- C. Establecer la programación del trabajo, indicando en el calendario laboral toda la información referente a los horarios, feriados, si se trabaja los sábados, etc.

LECCIÓN 2

5.6 Procedimientos para especificar una buena lista de tareas

- A. Especificar las tareas y sus duraciones.
- B. Escribir una tarea repetitiva.
Para algunos proyectos se dan tareas que se repiten cada cierto tiempo, como por ejemplo, "Reuniones semanales de control", en este programa se indican cuáles son y automáticamente las repite en las fechas que se le indiquen.
- C. Dividir una tarea en segmentos.
Para este caso es cuando una tarea es larga en consumir tiempo y se le puede dividir, para poder parar la tarea por un tiempo y luego continuarla, también se puede interrumpir debido a que se necesitan los recursos en otra tarea más urgente.
- D. Reorganizar la lista de tareas.
Después de hacer el listado de tareas inicial, se pueden reorganizar algunas tareas, dividiéndolas en tareas más pequeñas o agregar nuevas, según las necesidades del proyecto.
- E. Crear un Hito.
Es una tarea que marca una tarea significativa, como inicio o final y pueden tener una duración de cero.

LECCIÓN 3

5.7 Procedimiento para estructurar la lista de tareas

A. Procedimiento para estructurar la lista de tareas.

Las tareas se deberán de estructurar en un esquema lógico, luego analizar si las actividades se pueden dividir en subtareas, dependiendo del grado de exactitud que se le quiera dar al proyecto.

Esta descomposición de las tareas grandes se le aplica la "sangría" del programa y se insertan filas nuevas para poner el nuevo nombre de las nuevas tareas y sus duraciones.

B. Mostrar u ocultar las subtareas.

Es posible no mostrar las subtareas, para que no se cargue mucho el Diagrama de Gantt, poniendo el programa en negritas, las tareas principales, para que haciendo click, en el signo más que aparece en la tarea principal, aparezcan las subtareas que la conforman.

C. Agregar códigos de estructuras de descomposición del trabajo (EDT)

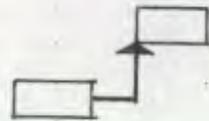
Esto permite que para programas muy grandes que tienen muchas tareas, la persona encargada de planificar el trabajo las pueda organizar en grupos, debiéndose de insertar una columna nueva y numerarlas manualmente, ya que el programa no lo hará automáticamente.

LECCIÓN 4

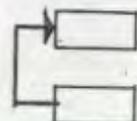
5.8 Comienzo y fin de las tareas.

A.- Ordenar las tareas secuencialmente.

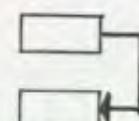
En este momento se deberán de vincular las tareas, el Programa de forma predeterminada las une "fin-comienzo", las cinco formas de vincular las actividades son



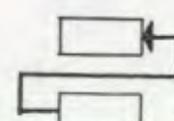
Fin - Comienzo



Comienzo-Comienzo



Fin- Fin



Comienzo - Fin



Ninguno.

Dependiendo de la relación que tenga cada una de ellas con las demás, pudiéndose desvincular la relación predeterminada, por la que sea la correcta.

- B. Comenzar o finalizar las tareas en fecha específica.
Automáticamente el Programa calcula las fechas de inicio y terminación de las tareas (actividades), aunque las necesidades del proyecto tengan restricciones para cuando se deba de comenzar determinada tarea o finalizar, por lo tanto se deberá de ingresar esta fecha determinada en forma manual y Microsoft Project, recalcula los tiempos.
- C. Superponer tareas o agregar tiempo de posposición entre ellas.
Esto se utiliza para retrasar las tareas (tiempo de posposición), agregándole tiempo a las tareas predecesoras, y se superponen agregando tiempo negativo a la tarea, puede superponerse también, escribiendo el tiempo de posposición como un porcentaje de la tarea, p.e. -25%.

LECCIÓN 5

5.9 Quién realiza el trabajo.

- A. Crear una lista de recursos.
Esta es una ventaja del Programa, ya que permite incluir en el cálculo, los "recursos" necesarios para desarrollar las tareas del proyecto y con qué cantidad de recursos se cuenta, éstos se indican en forma de porcentajes.
- B. Asignar recursos a las tareas.
Aquí se deberá indicar qué cantidad de recursos necesita cada tarea para completarla. Los recursos pueden ser: Diferentes tipos de mano de obra, herramientas, equipo de construcción, equipo de movimiento de tierras, etc.
Esto garantiza un alto grado de exactitud, responsabilidad y experiencia de la persona que adjudica los recursos a las tareas, ya que si no tiene conocimiento de lo necesario y los rendimientos de los recursos, puede dar datos ineficientes al Programa.
A Microsoft Project, si no se le indican los recursos de cada tarea, calcula el proyecto sin ellos.
Los recursos se dan en forma de porcentajes, un albañil es igual a: 100%, dos albañiles son 200% y así sucesivamente.
- C. Cambiar la Programación de trabajo de los recursos.
Este Programa de forma predeterminada, las horas y los días no laborables definidos en el "Calendario del Proyecto", son los predeterminados para cada recurso, pero si se necesita que los recursos trabajen en otras horas y días, se deberá de cambiar "El calendario de Recursos Individuales", para cada recurso.
- D. Ver las tareas a las que están asignados los recursos.
Para visualizar como están asignados los recursos de las diferentes tareas, este Programa tiene un "Gráfico de recursos", que los muestra. Además se puede complementar la información con las "Hoja de recursos" y "Uso de recursos".

LECCIÓN 6

5.10 Procedimientos para administrar los Costos.

- A. Asignar tasas de pago a los Recursos.
Microsoft Project permite asignar tasas (costos) a los recursos, para poder administrar los costos del proyecto con precisión. Puede asignar costos por horas-extras, costo del uso del recurso por día, tales como operarios, herramientas, equipo, etc.
- B. Establecer un costo fijo.
Cuando conozca el costo exacto de los materiales y no este asignando recursos a una tarea, se puede especificar un "Costo fijo" para la tarea. Es bueno mencionar que a diferencia de los *costos fijos* de un recurso, los *costos fijos* de las tareas no requieren asignaciones de recursos.
- C. Cambiar el momento en que se acumulan los costos.
En este programa los costos por recurso se prorratean de manera predeterminada y su acumulación se basa en el porcentaje de avance de la tarea y se distribuye a lo largo de su duración, también se puede cambiar lo anterior y poner que el costo se gasta al inicio o al final de la tarea.
- D. Actualizar o agregar otra tasa de pago.
Para poder realizar cambios en las tasas (precios) de los recursos, ya sea para aumentar o reducir el precio; se pueden asignar diferentes tasas de precio, por recurso, dependiendo de la labor que van a realizar, se pueden colocar hasta cinco precios diferente por cada uno, dependiendo del administrador cual será la que usará, p.e. la excavación de zanja en terreno suave tiene un precio, si el terreno es duro, otro y si es roca, otro.
- F. Comprobar el costo de tareas o recursos.
Colocados los precios a las tareas o recursos, el programa nos da el costo total del proyecto, aquí se podrá revisar si el monto total es el esperado; si el costo es mayor del esperado, se deberá revisar cada una de las tareas y los recursos que lleva cada una, para poder analizar donde se puede recortar el costo.
Para ayuda de este análisis de costos, se puede ver el *gráfico de recursos*.
- G. Comprobar el costo del proyecto completo.
Aquí se muestran los costos previstos reales, y los costos restantes para completar el proyecto y así poder determinar si se va a cumplir con el costo del proyecto presupuestado.
Este chequeo se puede realizar diariamente, y poder tener información fresca del avance de la inversión y si va a alcanzar el dinero presupuestado.

LECCION 7

5.11 Procedimientos para conseguir que el proyecto tenga el aspecto deseado.

- A. Para aplicar al formato más fácilmente, utilice el asistente de Diagramas de Gantt.

Este asistente tiene como característica que nos puede presentar el proyecto en varios gráficos distintos, resaltando la información que más nos interesa analizar, p.e. Ruta crítica, colores de presentación, información de cada tarea, etc.

B. Aplicar formato a una categoría de barras de Gantt.

Con esta característica se puede resaltar alguna categoría determinada en el diagrama de barras, como p.e. tipos de tareas, marcar un hito, resúmenes, etc. Puede cambiarse el color de las barras, su forma, su color, su trama.

C. Aplicar formato a una categoría de tareas en la lista de tareas.

Para distinguir una categoría de tareas, p.e. las tareas críticas de las otras tareas, se les puede cambiar su presentación, para que sean más llamativas, con la ventaja que la categoría que se resalte, se puede hacer también en los otros gráficos del programa, exceptuando el gráfico del PERT.

LECCIÓN 8.

5.12 Procedimientos para personalizar las copias impresas.

A. Ver otro tipo de información del proyecto.

En las hojas de presentación del proyecto se le pueden colocar información del mismo, ya sea en el encabezado, en el pie de página o en la leyenda de una vista.

Esta información que se le puede agregar a las hojas, puede ser : datos de la empresa constructora, del Planificador, del Proyecto, etc.

B. Mostrar una vista previa de la Programación.

Antes de imprimir el proyecto, se deberá ver una *vista previa* del Programa, pudiéndose cambiar el tamaño de la hoja, también se puede cambiar su orientación.

C. Imprimir la vista que aparece en la pantalla.

Después de ver la vista preliminar y si se está de acuerdo con su presentación, únicamente queda la etapa de imprimir, los gráficos que nos puedan interesar, si hubiese algún cambio en cualquiera de los gráficos, se volverá a *configurar página*.

LECCIÓN 9

5.13 Procedimientos para comprobar la Programación realizada a la fecha.

A. Ver en pantalla el Proyecto completo.

Se puede obtener la información general acerca de las fechas de comienzo y final del Proyecto, y de las fechas en que se realizarán las las fases principales. Se deberá de revisar el proyecto para ver si cumple con las metas propuestas.

B. Comprobar las fechas de Inicio y de Fin del Proyecto.

Se pueden comprobar las fechas más importantes del Proyecto, si se cumplen las restricciones impuestas por el cliente, además de las fechas de inicio y final, da el costo total del proyecto, la duración, la cantidad de horas de los recursos empleados.

C. Identificar la **ruta crítica**.

Como se sabe la *Ruta Crítica* es la serie de tareas que se deben de cumplir en su tiempo establecido, para no retrasar el tiempo total del Proyecto. En el asistente del diagrama de Gantt se puede filtrar que únicamente aparezcan las tareas críticas, que son las que forman la *Ruta crítica*, si hay problemas con la fecha de finalización del Proyecto, se deberá acelerar una o varias de las tareas críticas y el Programa hace el Recálculo de la nueva *ruta Crítica*.

LECCIÓN 10

5.14 Procedimientos para ver otros detalles de la Programación

A. Cambiar la Vista.

Se muestra la información del Proyecto en: *Vistas de tareas* o en *Vistas de recursos*, algunas de estas vistas son similares a hojas de cálculo, presentando la información en columnas de información relacionadas y se llaman *Vistas de hoja*.

Otras vistas presentan la información de las tareas y recursos en forma de gráficas, como las vistas calendario, diagrama PERT, Gráfico de recursos. En total hay en el Programa 26 cuadros y gráficas para las presentaciones que se necesiten del Proyecto.

B. Aplicar una tabla diferente a una vista.

Durante la ejecución del proyecto es importante poder contar con distintas combinaciones de la presentación de la información, pudiéndose cambiar la información de una *tabla de vista*, intercambiando las columnas con la información que más nos interesa resaltar.

C. Aplicar un filtro a una vista de hoja.

Entre las varias *vistas* que presenta este Programa, se les puede aplicar un *filtro*, para que esconda información que no nos interesa en este momento. Para desactivar un *filtro*, se va al menú *Proyecto* y se hace clic, en *todas las tareas* y el Programa completo aparece en la pantalla.

LECCIÓN 11

5.15 Procedimientos para cumplir las fechas límites.

A. Comprobar las dependencias de las tareas (Buscar márgenes de demora en la Programación)

Cuando se encuentra terminado el Programa del Proyecto, se pueden ver cuáles son las *tareas críticas* y cuáles no, las no-críticas cuentan con un *margen de demora*, (holguras), **este margen nos da la oportunidad de** retrasar el inicio de la tarea que

estemos analizando o retrasar su final, esto no afecta el tiempo total del Proyecto, para determinar estos *margenes*, se facilita si se usan los gráficos llamados: *Gantt detallado*, buscándolo en el menú *Ver* y en *Más vistas*.

A. Superponer tareas o agregar tiempo de posposición entre ellas.

Una vez establecida la secuencia de las tareas, mediante sus vinculaciones, puede adelantarse o retrasarse determinadas tareas, en Microsoft Project, se retrasan las tareas agregando tiempo de posposición a la *tarea predecesora* y se superponen poniéndoles un tiempo de posposición negativo.

B. Comprobar las delimitaciones en las tareas.

Las delimitaciones de las tareas, se refiere al inicio o final de una tarea, que tenga su inicio o final predeterminado, y que cuando es necesario, para mejorar el tiempo de duración del proyecto, se deberán de cambiar estas *delimitaciones*.

Estas delimitaciones son ocho, a saber:

- Debe comenzar el....(fecha)
- Debe finalizar el.....(fecha)
- Lo antes posible.
- Lo más tarde posible.
- No comenzar antes del....(fecha).
- No comenzar después del....(fecha)
- No finalizar antes del....(fecha)
- No finalizar después del....(fecha)

C. Reducir la duración de las tareas.

Si la cantidad de recursos con que se cuenta no es problema, esto nos permite agregarle más recursos a las tareas y de esa manera reducir el tiempo de duración de las tareas; el Programa recálcula el nuevo tiempo de la tarea, al tener más recursos.

LECCIÓN 12

5.16 Procedimientos para guardar los cambios durante el proyecto.

A. Guardar una línea de base de la información.

Una vez terminado el Proyecto es recomendable guardar una *línea de base*, ésta será el original del Proyecto, que será muy útil en el futuro, ya que nos permitirá hacer comparaciones.

B. Guardar un Plan Provisional.

Después de guardar una *línea base de la información* del Proyecto, se pueden guardar hasta diez planes provisionales, que pueden servir como puntos de control del avance real del Proyecto.

Es de hacer notar que el Programa guarda estos planes provisionales, con sus fechas de inicio y final de todas las tareas, pero no guarda los datos de recursos o de las asignaciones.

C. Guardar un presupuesto.

Cuando se comienza el Programa, previamente se ha calculado un presupuesto, con el precio total del Proyecto, a esto se le llama *plan previsto*, de la información del Proyecto. Con este plan, se le puede dar seguimiento al avance del Proyecto y al costo invertido a la fecha, estas comparaciones permiten determinar cuando alguna tarea está saliendo más cara de lo estimado;

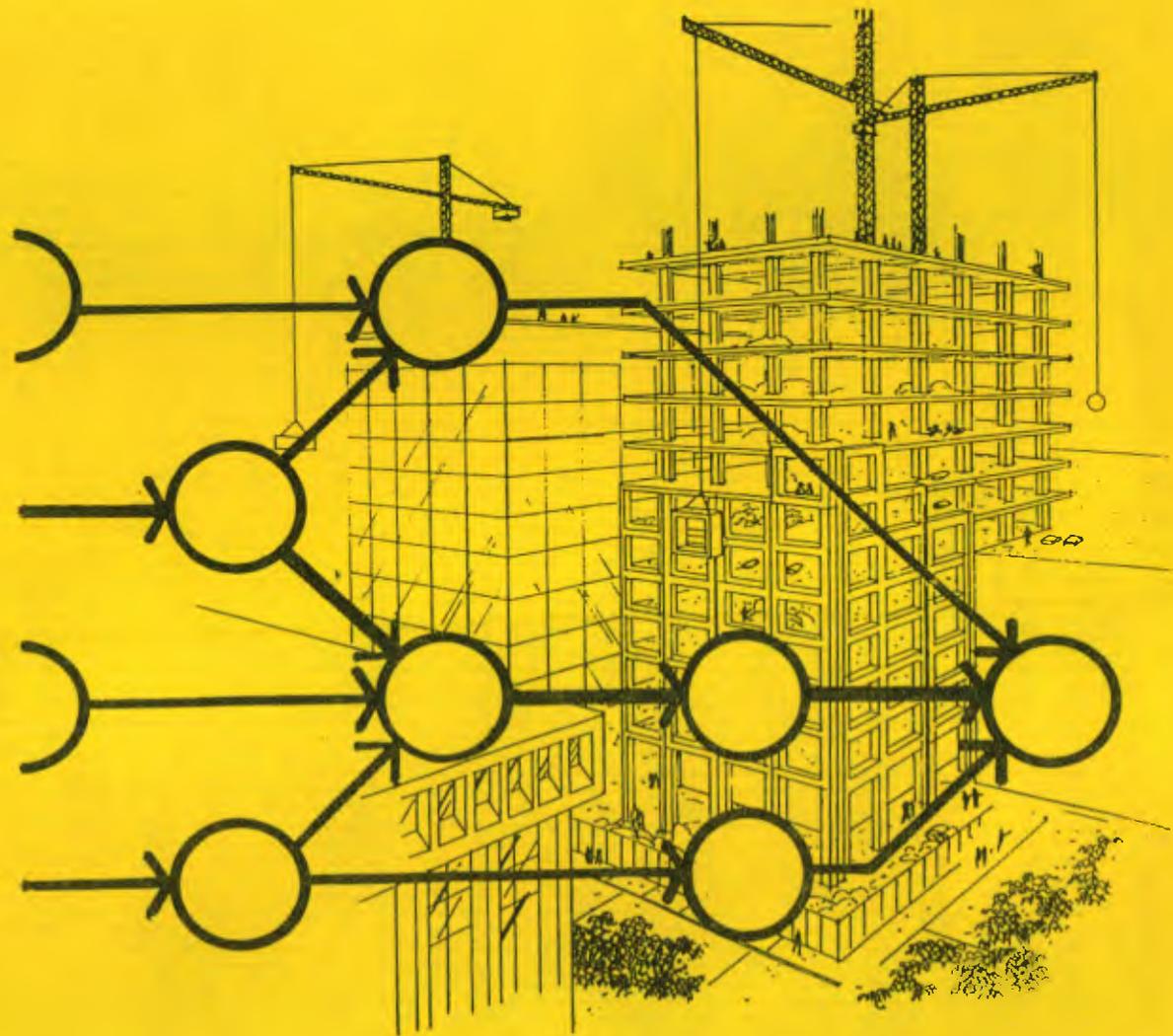
Para esto se utiliza la *línea de base*, pudiendo prever problemas futuros con el costo del Proyecto.

D. Comparar la información real de las tareas con la línea Base.

Al irse construyendo el Proyecto se dan *variaciones*, en el inicio y finalización de las tareas, lo que puede provocar problemas con la Ruta Crítica del Proyecto, por lo que constantemente deberá compararse el plan original con el avance del plan real, detectando las tareas que presentan problemas como atrasos en sus fechas y poderles dar más recursos.

El Programa Microsoft Project, compara los datos reales con los originales del Proyecto, por lo que se deberá constantemente de actualizar la información real al Programa.

Además de este tutorial, *Aprender mientras trabaja*, Microsoft Project cuenta con otro que se llama *Administración Avanzada*, éste cuenta con siete lecciones, que nos enseñan a darle seguimiento al Proyecto durante su ejecución.



CAPITULO 6
RAMPS

6. SISTEMA "RAMPS" (Resource Allocation for Multi-projects Scheduling) (Asignación de Recursos para Proyectos Múltiples)

6.1 HISTORIA

En 1963 la Compañía Du Pont y su empresa de asesoramiento desarrollaron el RAMPS. Este método surgió ante la necesidad que tenía la Compañía Du Pont de coordinar sus esfuerzos e inversiones en múltiples proyectos que desarrollaba en forma paralela y continua. El método RAMPS conjugó los conceptos de:

- Tiempo
- Costo
- Requerimientos y disponibilidad de recursos; y además incluyó su principal característica en: la planificación de varios proyectos que se desarrollan en forma simultánea y que utilizan el mismo tipo de recursos.

6.2 METODOLOGIA

El RAMPS fue creado como un programa para ser utilizado por medio de computadoras, pero también se puede utilizar manualmente, tal y como se presenta en el ejemplo final de este capítulo. En su etapa inicial se puede decir que pertenece al grupo de métodos que emplean la ruta crítica, utilizando las mismas características de dichos métodos. Pero provee un bien arreglado método para programar la mano de obra, materiales, equipo y otros recursos que intervengan en la realización de los proyectos. Es importante definir el significado de la palabra "RECURSOS".

RECURSOS:

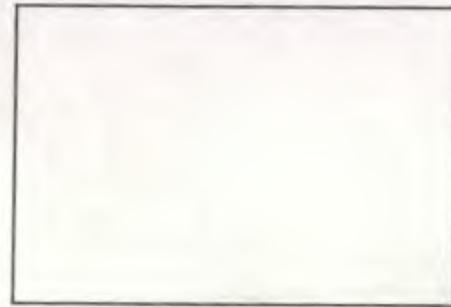
Son los medios (mano de obra, financiamiento, equipo o herramientas, etc.) empleados para llevar a cabo un proyecto.

6.3 NIVELACION DE RECURSOS

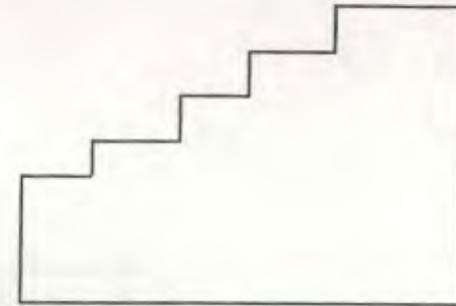
Una de las características principales de este método consiste en la nivelación de los recursos de múltiples proyectos realizados en forma simultánea.

Al lograrse esta nivelación se alcanza un balance también en los costos.

El gráfico siguiente representa la nivelación óptima de los recursos requeridos.



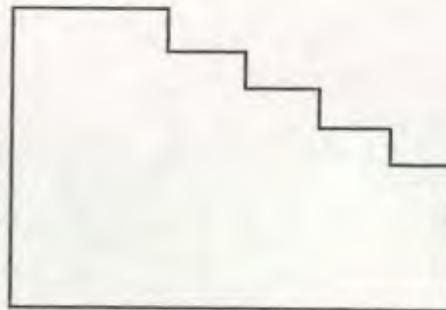
CASO 1



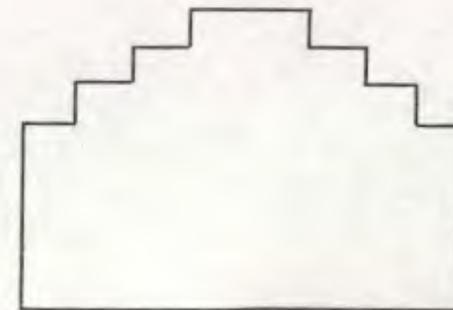
CASO 2

Gráfica N°. 33 "A"

Distribución Óptima de Recursos Requeridos.



CASO 3



CASO 4

Gráfica 33 "B"

Distribución Óptima de Recursos Requeridos

Caso 1:

Este gráfico muestra que el recurso que se requiere será utilizado durante toda la duración del proyecto, ya que su magnitud es constante.

Caso 2:

Aquí se indica que la necesidad de este recurso aumenta al desarrollarse el proyecto y luego se mantiene constante su necesidad, hasta el final del mismo.

Caso 3:

Para este gráfico la explicación es la siguiente:

-El recurso al principio es constante y luego con el tiempo decrece poco a poco hasta el final del proyecto.

Caso 4:

Este último gráfico indica que las necesidades del recurso, van aumentando desde el inicio del proyecto hasta tener una necesidad máxima que se mantiene por un determinado tiempo. Luego empieza a decrecer su necesidad hasta el final del proyecto.

Los anteriores gráficos son los óptimos, pero muchas veces los recursos no se tienen en forma constante, sino irregularmente, por lo que el gráfico que en estos casos se formaría deberá ser el que se enmarque dentro de esta distribución de recursos irregular.

6.4 CARACTERISTICAS DEL RAMPS

6.4.1 RITMOS

En el RAMPS las actividades se pueden realizar de tres maneras:

- A un "ritmo normal"
- A un "ritmo lento"
- A un "ritmo acelerado"

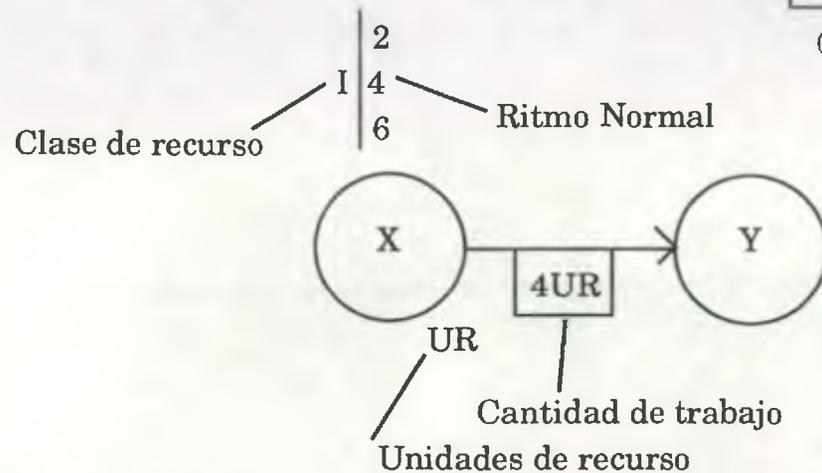
Cada uno de estos tres ritmos consumen diferente cantidad de recursos y tiempo.

6.4.2. CANTIDAD DE TRABAJO

En el método RAMPS se llama "cantidad de Trabajo" al producto de multiplicar el tiempo empleado para la realización de una actividad, por la cantidad de recurso utilizado a un ritmo normal.

RITMO	DURACION	UNIDADES	CANT. TRAB.
Acelerado	2	4	8
Normal	4	2	8
Lento	6	1.5	9

(Información que deberá de tener cada una de las actividades de un proyecto)



Gráfica N° 34
Representación de "Cantidad de Trabajo"

6.4.3. RUTA CRITICA

Para el cálculo de la ruta crítica se utilizan los tiempos normales de ejecución de las actividades. Hasta este punto el método es similar al CPM o PERT en el cálculo de la red. En adelante ya se integran nuevos conceptos que lo diferencian.

6.4.4. DIAGRAMA "ESCALA-TIEMPO"

El paso siguiente es la elaboración de un diagrama "escala-tiempo", de cada uno de los proyectos que se estén desarrollando simultáneamente, marcando la cantidad y la clase de recurso que se necesita para su realización. Se debe dar prioridad en la asignación de los recursos a las actividades críticas.

Al elaborar el diagrama "escala-tiempo", se hace también un cuadro de cada recurso indicando las necesidades de ellos y las disponibilidades de los mismos. Esto permitirá al analista verificar las necesidades de recursos y además podrá utilizar los factores de control. .

74

6.4.5 FACTORES DE CONTROL

Los factores de control que permiten al programador hacer las combinaciones más adecuadas en base a las necesidades y disponibilidades de recursos:

6.4.5.1. Holgura total

6.4.5.2. Holgura libre

6.4.5.3.- Previsión

6.4.5.4. Continuidad de Trabajo

6.4.5.5. Número de tareas programadas

6.4.5.6. Recursos disponibles no utilizados

Los cuatro primeros se utilizan para evaluar tareas individuales que compiten en el consumo de un recurso determinado y permiten decidir qué actividades pueden programarse y con qué cantidad de recursos.-

Los otros factores se emplean para ver si en conjunto, las asignaciones minimizan los recursos disponibles pero no utilizados; y si se asegura el trabajo a la mayor cantidad posible de tareas.

6.4.5.1. HOLGURA TOTAL

La utilidad de este factor reside en el control que proporciona sobre las actividades que tienen una holgura total pequeña, ya que a éstas se les deberá proporcionar los recursos que necesitan con prioridad inmediata después de las actividades críticas, las cuales son las primeras en la asignación de recursos.

6.4.5.1 HOLGURA LIBRE

Este factor da prioridad a aquellas actividades que no poseen holgura libre, o que tienen una muy pequeña, tratando de evitar así; que se formen cuellos de botella al presentarse la posibilidad de más de un camino crítico.

6.4.5.2 PREVISION

Este factor da prioridad a aquellas actividades, que de cuya terminación depende el inicio de varias actividades más. El programador deberá analizar el diagrama de flechas para determinar qué actividades son las más importantes sin tomar en cuenta si son críticas o no.

6.4.5.3 CONTINUIDAD DE TRABAJO

Como es sabido en programación, al parcializar una actividad es posible lograr un acortamiento en el tiempo del proyecto, pero antes de hacer esto es necesario que se investigue si es posible hacerlo para una determinada actividad, ya que muchas veces el interrumpir el desarrollo de una actividad puede aumentar considerablemente los costos.

6.4.5.4 NUMERO DE TAREAS

La función de este factor de control es la de tratar de mantener el mayor número de tareas en ejecución por cada período de tiempo del proyecto. Muchas veces esto implica el tener que ejecutar las tareas en su ritmo lento, lo que trae como consecuencia que se alargue el tiempo de ejecución del proyecto; pero tiene la ventaja que se logra un mejor aprovechamiento de los recursos.

6.4.5.5 RECURSOS DISPONIBLES NO UTILIZADOS

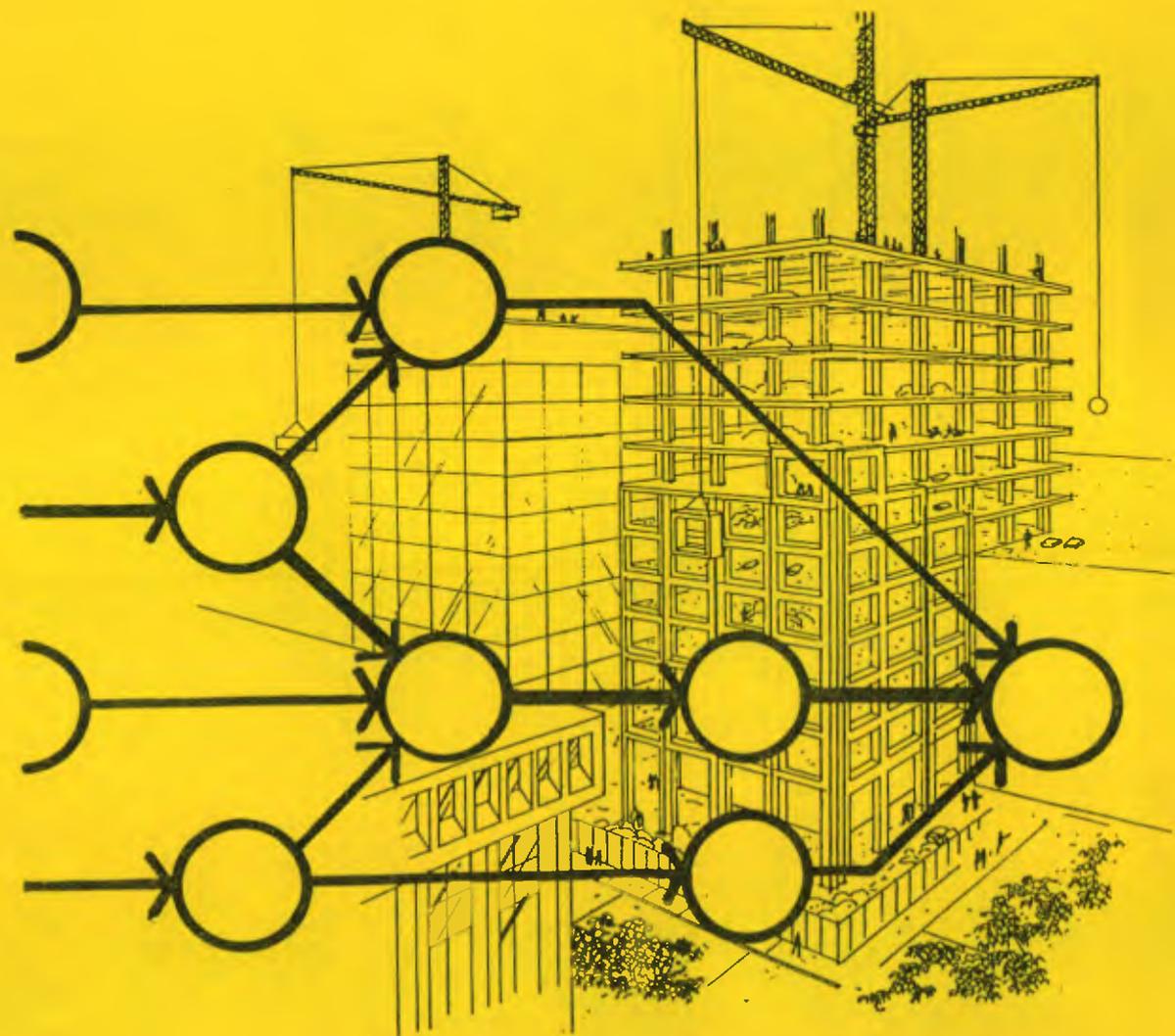
La función de este factor es la de utilizar al máximo los recursos con que se cuenta durante cada período de tiempo.

Para aclarar las anteriores definiciones se presenta un ejemplo de la forma en que se utiliza el RAMPS en dos proyectos simultáneos:

PROYECTO A: Está constituido por siete actividades y tiene como condición que no se puede retrasar su inicio, ya que tiene multas muy fuertes por cada día de atraso.

PROYECTO B: Consta de seis actividades y no tiene restricciones en cuanto a la fecha de entrega.

Ambos proyectos cuentan con veinte días hábiles para su realización y necesitan de tres diferentes tipos de recursos.



CAPITULO 7
P E P

7. PLAN DE EJECUCION DE PROYECTOS (PEP)

Este sistema fue preparado por el Banco Interamericano de Desarrollo-BID, para contar con un método estandarizado, el cual deben de seguir las entidades Gubernamentales y Privadas de los diferentes países afiliados para hacer la solicitud de Financiamiento al Banco. Este método de control de Proyectos se basa en la técnica de mallas o redes, que utiliza el CPM/PERT.

Para el Banco es importante que se use este sistema ya que le proporciona la información relativa de la manera en que el eventual prestatario se propone llevar a cabo el proyecto.

El PEP de acuerdo a la fase de desarrollo del proyecto se considera como:

- PRELIMINAR: cuando el proyecto se encuentra en la fase anterior a la aprobación por el Directorio Ejecutivo del Banco.
- INICIAL: fase comprendida entre la aprobación del financiamiento y el primer desembolso de dinero.
- VIGENTE: es la fase en que se encuentra el PEP durante la ejecución del proyecto. Durante la fase preliminar el banco puede darse cuenta del alcance y magnitud del proyecto, pudiendo determinar la manera como el prestatario pretende utilizar los fondos del financiamiento a proporcionar por el BID; además el PEP preliminar permite que luego se le utilice para la formulación del PEP inicial. Se debe presentar al Banco un original y cinco copias, juntamente con la solicitud formal de financiamiento.

Básicamente, el PEP consta de dos partes: la primera es una parte descriptiva, la cual se llena en los formularios PMS 4-1 y PMS 4-2, la segunda parte es analítica y en ella se determina el costo total y el tiempo de ejecución del proyecto. Los formularios anteriores con la explicación de cómo llenar cada renglón se muestran en las gráficas N° 35 y 36

Es importante describir las definiciones que se utilizan en este sistema:

Actividad: es el elemento básico en que puede subdividirse el proyecto, con el fin de preparar la red. Se caracteriza por ser un elemento dinámico que consume tiempo, recursos físico o financieros; el seguimiento de cada una de las actividades es importante para el Banco, ya que con los informes de avance se puede mantener actualizada la red.

Plazo o Duración: es la cantidad de días hábiles o calendario que se ha estimado que dura una actividad una actividad. Los plazos en días calendario para realizar cada actividad se estiman tomando en cuenta su importancia e impacto en la estructura de la red; procediéndose a continuación a calcular el tiempo total de la red, ya sea manualmente o por medio de una computadora. Esto permitirá evaluar si el costo y la duración del proyecto están balanceados y de acuerdo con lo previsto. Una vez calculada la ruta crítica y las fechas de ocurrencia de las actividades, absolutas o relativas al no conocerse la fecha de aprobación del préstamo, se puede elaborar un cronograma de inversiones y compromisos.

Es importante mencionar que los informes son mensuales y que las actividades deberán tener una duración menor de tres meses y mayor de una semana, aproximadamente. 77

BREVE DESCRIPCION

Descripción concisa de las metas legales, financieras, las titulaciones y técnico - físicas que se esperan lograr con la ejecución del proyecto.

OBJETIVOS

Descripción breve de los beneficios Socio - Económicos, Institucionales, Financieros, Etc. que se derivarán de la ejecución, para evaluar posteriormente el impacto causado por este.

PROPOSITOS

Se establecerán la forma clara y concisa las razones que originan el proyecto del beneficio nacional, regional, etc.

LOCALIZACION DEL PROYECTO

Breve descripción de la localización geográfica, indicando las distancias aproximadas a los centros urbanos más cercanos y más importantes.

REVISION

Se anota el número de la revisión y se marca el estado en que se encuentra en este momento el PEP.

PRESENTADO

Se deberá indicar la fecha de presentación del PEP preliminar.

DIMENSIONES PRINCIPALES

Se refiere a las dimensiones más representativas de las principales componentes que definen la magnitud del proyecto a ejecutar.

DURACION - DIAS -

Se indicará el tiempo total en días calendario requeridos para completar cada una de las metas.

COSTO (en US \$)

Se registrará el monto total de cada una de los costos estimados de las actividades necesarias para alcanzar una meta.

PROYECTO

Nombre del Proyecto.

PRESTATARIO

Instituciones que solicita el préstamo.

EJECUTOR

Institución encargada de la ejecución.

**DEFINICION DEL PROYECTO
FORMULARIO PMS 4 - 1**

Propósito	Objetivos	Breve Descripción	Dimensiones Principales	Duración Días	Costo																
LOCALIZACION DEL PROYECTO			<table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Préstamo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ejecutor</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Presentar</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inicio</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Revisión</td> <td>no</td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Presentado</td> <td></td> </tr> </table>			Proyecto		Préstamo		Ejecutor		Presentar		Inicio		Revisión	no	Fecha		Presentado	
Proyecto																					
Préstamo																					
Ejecutor																					
Presentar																					
Inicio																					
Revisión	no																				
Fecha																					
Presentado																					
			<table border="1"> <tr> <td colspan="2">PLAN DE EJECUCION DEL PROYECTO</td> </tr> <tr> <td>Delimitación del proyecto</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inicio</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fin</td> <td></td> </tr> </table>			PLAN DE EJECUCION DEL PROYECTO		Delimitación del proyecto		Inicio		Fin									
PLAN DE EJECUCION DEL PROYECTO																					
Delimitación del proyecto																					
Inicio																					
Fin																					

Número de hoja y el total que compone el proyecto.

DURACION (Días)
Cantidad de días necesarios para la ejecución de cada una de las actividades.

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD:
Aquí se colocarán las actividades según su naturaleza, las actividades del plan legal contendrán las actividades necesarias para la suscripción y ratificación del préstamo y todo relacionado con el cumplimiento del orden legal. Las actividades del plan financiero, contendrá todas las actividades relacionadas con el aporte oportuna de los recursos locales, el registro y el control de las inversiones y la constitución del fondo Plan institucional, comprende las actividades administrativas de la ejecución, supervisión de consultores y contratistas, fortaleciendo a la institución ejecutora. Plan técnico-físico, aquí aparecen todas las actividades relacionadas con la obtención y prestación de servicios de consultoría y construcción de las obras y con la adquisición, provisión e instalación de los bienes requeridos por el proyecto.

NUMERO DE LA ACTIVIDAD:
A cada actividad se le asigna un número de cuatro (4) dígitos de acuerdo a la siguiente distribución:
1000 - 1999 = Actividades del plan legal
2000 - 2999 = Actividades del plan financiero
3000 - 3999 = Actividades del plan institucional
4000 - = Actividades del plan técnico-físico

REVISION:
Se anota el número de la revisión y se marca el estado de avance en que se encuentra en este momento el PEP.

PRESENTADO
Se pone la fecha de presentación del PEP preliminar.

COSTO ESTIMADO (en US \$)
De los bienes servicios que constituyen la actividad.

ACTIVIDAD PREDECESORA
Son aquellas que se deben de hacer antes de iniciar ésta actividad.

ENTIDAD RESPONSABLE
Aquí se deberá indicar la (s) entidad (ea) responsable (s) de la ejecución de cada actividad, poniendo las siglas de cada una, los cuáles se explican en el código de entidades responsables.

CODIGO DE ENTIDADES RESPONSABLES:
Se deberán de identificar todas las entidades que tengan participación en la ejecución de la obra.

PROYECTO:
Nombre del proyecto.

PRESTATARIO
Institución que solicita el préstamo.

EJECUTOR
Institución encargada de la ejecución.

Número de hoja y el total de hojas que comprenden el proyecto.

**PLAN DE ACTIVIDADES
FORMULARIO PMS 4 - 2**

Nº de las actividades	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	Duración (Días)	Costo Estimado	Actividad Predecesora	Entidad Responsable	Código de Entidades Responsables														
						<table border="1"> <tr> <td>PE Poder Ejecutivo</td> <td>JE Junta Expertos</td> </tr> <tr> <td>PL Poder Legislativo</td> <td>FC Firma Constructora</td> </tr> <tr> <td>PR</td> <td>CO Contratista</td> </tr> <tr> <td>AS</td> <td>PS Proveedor</td> </tr> <tr> <td>EC</td> <td></td> </tr> <tr> <td>EE</td> <td></td> </tr> <tr> <td>UE</td> <td></td> </tr> </table>	PE Poder Ejecutivo	JE Junta Expertos	PL Poder Legislativo	FC Firma Constructora	PR	CO Contratista	AS	PS Proveedor	EC		EE		UE	
PE Poder Ejecutivo	JE Junta Expertos																			
PL Poder Legislativo	FC Firma Constructora																			
PR	CO Contratista																			
AS	PS Proveedor																			
EC																				
EE																				
UE																				
<table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Prestatario</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ejecutor</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Preliminar</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Revisión</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Presentado</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"> PLAN DE EJECUCION DEL PROYECTO PLAN DE ACTIVIDADES Hoja <input type="checkbox"/> de <input type="checkbox"/> </td> </tr> </table>							Proyecto		Prestatario		Ejecutor		Preliminar	<input type="checkbox"/>	Revisión	<input type="checkbox"/>	Presentado	<input type="checkbox"/>	PLAN DE EJECUCION DEL PROYECTO PLAN DE ACTIVIDADES Hoja <input type="checkbox"/> de <input type="checkbox"/>	
Proyecto																				
Prestatario																				
Ejecutor																				
Preliminar	<input type="checkbox"/>																			
Revisión	<input type="checkbox"/>																			
Presentado	<input type="checkbox"/>																			
PLAN DE EJECUCION DEL PROYECTO PLAN DE ACTIVIDADES Hoja <input type="checkbox"/> de <input type="checkbox"/>																				

GRAFICA Nº. 36

EXPLICACION DE LA INFORMACION QUE LLEVARA EL FORMULARIO PMS 4-2 DEL BID, ESTE FORMULARIO SE USA PARA PRESENTAR EL PLAN DE LAS ACTIVIDADES.

Actividad (es) Predecesora(s): Son aquellas actividades que se deben haber terminado antes de empezar una actividad dada.

Ruta Crítica: Es el encadenamiento lógico de actividades contadas desde el principio hasta el final de la red e indica el camino que consume el mayor número de días calendario para su realización total; se puede dar el caso que exista más de una ruta crítica, cuando haya más de una cadena que consuma el mismo tiempo máximo.-

Actividad Crítica: Es aquella actividad de la Ruta Crítica que no tiene holguras o tiempos Flotantes, por lo que cualquier atraso en el cumplimiento de la Actividad, repercute en un retraso del caminamiento de la Ruta Crítica y por lo tanto, en el tiempo total de la ejecución del proyecto.

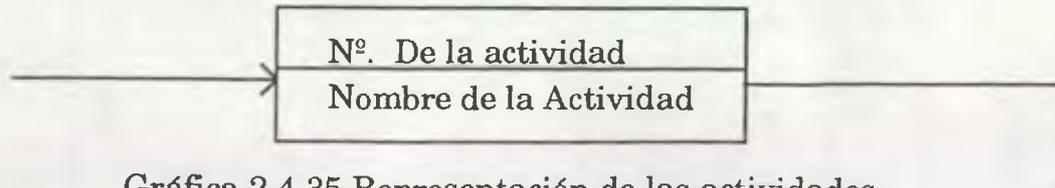
Entidad Responsable: es la entidad o unidad que tiene la responsabilidad de llevar a cabo una(s) actividad (es) específica(s).

7.3. TECNICA DEL PEP

La parte analítica del PEP es la formada por la técnica de diagramación de precedencia de actividades, utilizada en el CPM/PERT. La elaboración de la red o diagrama de flechas, es la misma que utilizan los métodos anteriores, de la misma manera se encuentran los tiempos, la Ruta Crítica y las holguras de las actividades. Una de las características del PEP, es que el grado de detalles de las actividades se puede ir aumentando conforme avanza la ejecución definiendose nuevas subredes una vez que se necesiten.

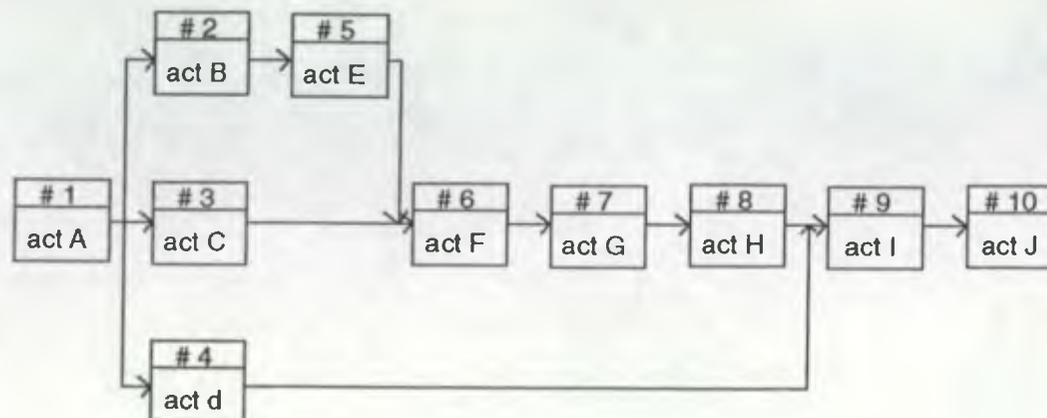
7.3.1 Representación gráfica de una Actividad y sus características

Las actividades se representan por un cuadro, rectángulo o círculo, dentro del cual se pondrá el nombre de la actividad y el número que le corresponde, que es el mismo que aparece en el formulario PMS 4-2, colocando este número en la parte superior del rectángulo. La numeración difiere dependiendo si la actividad es del plan legal, financiero, institucional o técnico-físico.



Gráfica 2.4.35 Representación de las actividades.

Es un modelo del proyecto, constituido por un conjunto de actividades interrelacionadas. En la red se representan las secuencias técnicas y lógicas de las diferentes actividades que componen el proyecto. Debiendo de seguir las reglas de Diagramación que se explican en el siguiente párrafo, en la gráfica 2.4.4. se presentan la forma gráfica como es la red en este método.



GRAFICA N°. 38

REPRESENTACION GRAFICA DE UNA RED

7.3.3 REGLAS DE DIAGRAMACIÓN

Toda red empieza en una actividad inicial y finaliza en una actividad final. Todas las actividades que forman la red deben estar relacionadas, al menos con una actividad que comience o termine con otra actividad. No se puede empezar una actividad hasta que la(s) actividad(es) predecesora(s) hayan sido terminada(s).

El sentido de las flechas indica precedencia, pero el ángulo o la longitud de las mismas no tienen ningún significado. En la red no puede existir ningún circuito cerrado, por que esto implica que se empiece una actividad antes de sus actividades predecesoras hayan terminado y no se cumpliría con el numeral 3.3. La dirección de la red esta indicada por la punta de la flecha, desde la actividad inicial hasta la actividad final. Normalmente la red se desarrolla de izquierda a derecha. El número de código de cada actividad no indica secuencia.

7.3.4. PASOS PARA CONSTRUIR UNA RED DE FLECHAS

Definición del objetivo: lo básico para poder planificar es definir con claridad el objetivo que se tiene como meta. Lista de actividades: una vez que el objetivo está claramente definido y comprendido, se establecen cuáles son las actividades necesarias de ejecutar para alcanzarlo. Se puede partir: a) examinando las tareas del objetivo para atrás, preguntándose qué actividad se debe hacer antes, para que ésta se cumpla? o b-) examinar el proyecto desde su inicio, preguntándose Qué actividad se puede realizar una vez cumplida ésta.

Tablas de secuencias: una vez se tiene la lista de las actividades, corresponde establecer cuál es el orden de precedencia obligado entre ellas y cuáles pueden ejecutarse paralelamente. Como se explica en el numeral anterior, para analizar la secuencia lógica en que deberán de hacerse las actividades, se puede utilizar dos planteamientos: en que deberán de hacerse las actividades, se puede utilizar dos planteamientos: en forma progresiva, utilizando la pregunta Qué actividades pueden hacerse después de ésta?, la cual nos dará la secuencia de las actividades, en cambio, si se sigue el camino regresivo, la pregunta es Qué actividades deben estar terminadas para poder comenzar ésta? La respuesta a esta pregunta nos llevan a una lista de precedencia de las actividades. Para proyectos muy complejos, con gran número de actividades se vuelven difícil determinar con exactitud la verdadera secuencia. Una buena forma de trabajar es hacer en forma separada la tabla de secuencias y la tabla de precedencias y luego compararlas.

7.4 MATRIZ DE SECUENCIAS

La secuencia de las actividades se puede registrar en forma de una matriz, en cuyas filas y columnas se anotan las actividades, siguientes idéntico orden. En esta matriz se señalan en cada fila las actividades que se deben de hacer inmediatamente después de la actividad indicada en esta fila; marcándose con una "X" el casillero correspondiente a la columna de cada actividad que debe seguir a la que encabeza la fila.

Si a esta misma matriz se le analiza a partir de las columnas, en lugar de las filas, cada marca "X" que se coloque indicara en la fila correspondiente, las actividades que deben de hacerse antes, que la actividad que encabeza la columna.

En los párrafos anteriores se ha tratado de los elementos que forman el PEP de un proyecto, pero no se ha dado la forma de aplicar estos elementos al caso de un proyecto real, que frecuentemente se presenta como un sistema complejo de múltiples facetas.

7.5.2. DESGLOSE ANALITICO DEL PROYECTO

En los casos de proyectos que presentan gran cantidad de actividades, lo mas recomendable es desglosar el proyecto en sus partes mayores o sub-sistemas, tales que cada uno de ellos represente la obtención de un producto que deba integrarse con los de las demás partes mayores, para obtener el producto final global que se persigue.

Así el sistema que representa al proyecto total se subdivide en subsistemas o primer nivel de desglose, cada uno de ellos caracterizado por un objetivo particular que viene a ser un sub-objetivo del proyecto. A la vez definen los objetivos de los sub-sistemas, se estudian cuales son las relaciones que estos sub-sistemas tienen entre sí.

Como se puede apreciar a cada sub-sistema se le puede dar un tratamiento analítico similar al del sistema global del proyecto, pudiéndose de esta forma hacer un desglose de tercer nivel que se puede llamar paquete de trabajo, también definidos por sus propios objetivos.

Este tipo de desglose de las actividades se puede continuar hasta donde se considere necesario para los fines del sistema analizado, sólo debiendo tener cuidado de dejar claramente definido el objetivo en cada desglose.

7.6 REDES DE DISTINTOS NIVEL

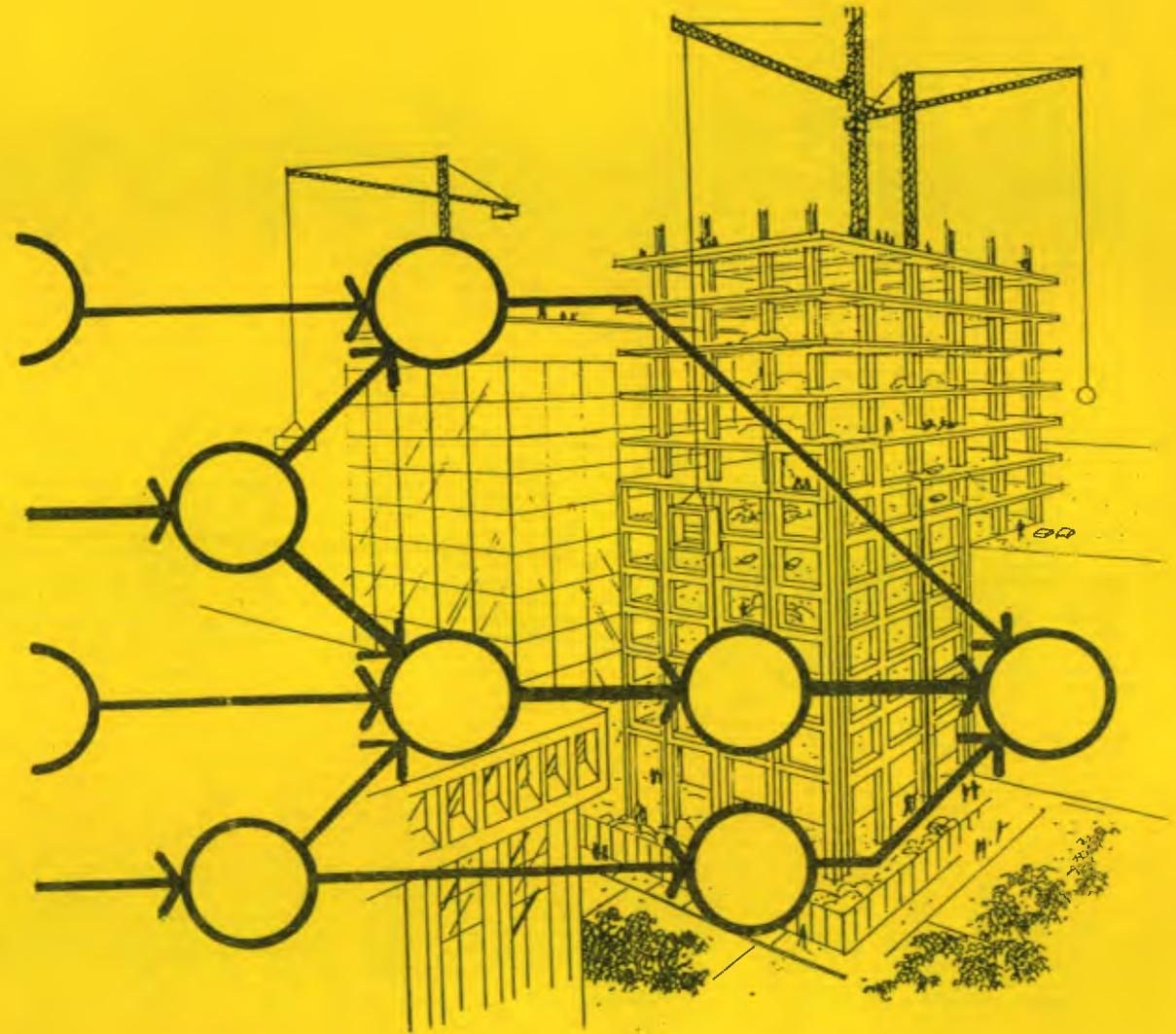
Por lo dicho en los párrafos anteriores, se tiene la posibilidad de construir varias redes separadas, en las cuales hay ciertas actividades que deberán de conectarse con otras actividades de redes parciales, a estas conexiones se les llama interfases, las que pueden ser de entrega del producto que se completa en una actividad a otra red, en cuyo caso se dice que es una interfase de salida, o una actividad puede requerir la entrega de un insumo producido en la actividad de otra red parcial en cuyo caso la interfase es de entrada. Naturalmente, a cada actividad de interfases de salida en una red corresponde una actividad de entrada para otra, lo cual produce una acción recíproca entre ambas llamada interrelación. Lo importante es aclarar que esto permite la representación de un proyecto en redes de varios niveles, ya que el detalle que puede necesitar un gerente es la información total presentada en la red, no siendo necesario para personal de planta el necesitar conocer toda la red, sino solamente en la parte que corresponde a su departamento. No obstante que el nivel de cada red representa un propósito diferen-

te y, por lo tanto, un detalle diferente, todas ellas se refieren a un mismo proyecto, lo que hace necesario que estén debidamente conectadas entre sí. 83

7.7 PROCESO DE PROGRAMACION

La experiencia demuestra que no siempre se logra una planificación y programación satisfactoria en el primer intento; una vez terminada la primera red es importante revisar las secuencias y estudiar alternativas que mejoren la eficiencia del proyecto. Al poner los tiempos y calcular la red, corresponde analizar si el resultado obtenido esta de acuerdo con los requisitos originales, tanto en la duración total como en las actividades de interfase, de modo que aseguren una buena coordinación entre las distintas partes (sub sistemas o paquetes de trabajo) en que se ha dividido el proyecto. Este análisis puede conducir a poner algunas actividades en forma simultánea en paralelo. Las que originalmente estaban en serie, es decir unas tras otras, de modo de acortar la duración total o las actividades de interfase que interesan.

Es importante mencionar que hay que evitar el intentar acortar el tiempo de realización de las actividades sin antes estudiar detenidamente si ese ajuste es factible y como puede lograrse. En ese sentido debe tenerse presente que la red es un modelo de la realidad y como tal, debe tratar de representarla con la mayor fidelidad posible y no pretender que la realidad se adapte al modelo. Por otro lado, es en el análisis de la distribución de recursos (RAMPS), el momento en que pueden surgir soluciones que modifiquen en algún aspecto a la que se tenía establecida previamente, ya que aquí se trata de optimizar la utilización de los recursos más caros y/o escasos. La visión que se ha presentado aquí, permite afirmar que la programación de un proyecto complejo es un proceso interactivo que está abierto en todo momento a modificaciones que lo acerquen cada vez más a las condiciones reales en que debe ejecutarse y a los criterios de optimización que utilizan las técnicas PERT/CPM.



CAPITULO 8
EJEMPLO

8. EJEMPLO DE APLICACION DEL METODO

Aplicación del método a un caso particular que se presenta en la arquitectura "Construcción de una Vivienda". 84

Para el ejemplo de la aplicación del método he escogido la construcción de una vivienda de dos niveles, unifamiliar y aislada, ya que necesita un número mayor de actividades para ser ejecutada la construcción de la misma.

Las etapas que se deberán de seguir para armar la Planificación y la Programación del proyecto es la siguiente:

8.1 PLANIFICACION

Etapas para el desarrollo

8.1.1 DESCRIPCION DEL PROYECTO

8.1.2 PLANOS COMPLETOS Y ESPECIFICACIONES

8.1.3 LISTADO DE ACTIVIDADES

8.1.4 CUANTIFICACION DE VOLUMENES DE TRABAJO

8.1.5 CALCULO DE TIEMPOS DE CADA ACTIVIDAD

8.1.6 ELABORACION DEL DIAGRAMA DE NODOS ORIENTADOS

8.1.7 CALCULO DE LOS TIEMPOS "TEMPRANOS", AI & AF

8.1.8 CALCULO DE LOS TIEMPOS "TARDIOS". UI & UF

8.1.9 DETERMINACION DE LA RUTA CRITICA

8.1.10 COMPRESION DE LA RUTA

8.1.11 CALCULAR LA NUEVA RUTA CRITICA

8.2 PROGRAMACION

8.2.1 DIAGRAMA CALENDARIO (BARRAS)

8.2.2 LISTADO DE ACTIVIDADES FINAL

8.1 PLANIFICACION

8.1.1 DESCRIPCION EL PROYECTO

El proyecto al cual se le aplicará el método de la ruta Crítica, es una vivienda unifamiliar de dos niveles y consta de los siguientes ambientes:

En el primer nivel: Vestíbulo, sala, comedor, baño de visitas, cocina, lavandería dormitorio y baño de servicio, jardines y patios.

En la planta alta: Tres dormitorios, sala familiar y dos baños.

Para su estructura se utilizará cimiento corrido y zapatas de concreto armado, columnas y soleras de concreto armado, muros de block de poma, losa del entrepiso y final, fundidas de concreto armado, ventanería de aluminio, puertas de plywood, pisos de granito, muros repellados y cernidos, cielo raso repellado y cernido, azulejos en los baños. Para el drenaje sanitario y pluvial se utilizarán cajas de ladrillo y tubería de cemento.

Para las bajadas de agua se utilizarán tubos de PVC. Para la instalación del agua potable se utilizará PVC, para el agua fría y tubo de cobre para el agua caliente. La instalación eléctrica será 110 v. y 220 v., toda será oculta y entubada.

8.1.2 PLANOS COMPLETOS Y ESPECIFICACIONES

Los planos de la vivienda deberán ser lo más completos posibles y deberán incluir como mínimo los siguientes: Plano de cotas y niveles, plano de cimientos y zapatas, plano de columnas, plano de armado de losas, elevaciones, plano de instalación de drenajes, plano de instalación de agua potable. Plano de instalación eléctrica, plano de acabados; todos los planos anteriores deberán incluir todos los detalles necesarios a una escala mayor para su fácil interpretación.

Normalmente en los proyectos que se construyen en forma privada (no gubernamental), el juego de planos no incluye el llamado pliego de especificaciones. Las especificaciones determinan la tecnología a usar, tipo y forma de trabajar los materiales, requisitos mínimos que deben cumplir estos últimos; generalmente lo que sucede es que se utilizan los planos como especificaciones basados en los requerimientos que allí se especifican. Dándose por hecho la metodología que se debe utilizar para la construcción.

8.1.3 LISTADO DE ACTIVIDADES

En esta etapa para el desarrollo del ejemplo se deberá de hacer un listado de todas las actividades que son necesarias para poder ejecutar la obra.

En este primer listado no es necesario que las actividades estén ordenadas lógicamente ya que al hacer el diagrama de "nodos orientados", éstas serán ordenadas.

A continuación presento el listado de actividades:

Nº. Act.	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD
	Inicio de la construcción Trazo y puenteo Excavación de cimientos Armado de columnas y cimientos

N° . Actv.	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD
	<p>Armado de solera hidrófuga y fundición</p> <p>Colocación de formaleta para solera hidrófuga</p> <p>Levantado de muros P. N.</p> <p>Colocación de cajas y polyducto en muros P. N.</p> <p>Formaleteado de la losa del entrepiso</p> <p>Armado del refuerzo de losa y solera de remate</p> <p>Armado de columnas de S. N.</p> <p>Fundición de losa del entrepiso</p> <p>Levantado de muros S. N.</p> <p>Colocación de cajas y polyducto de losa entrepiso</p> <p>Colocación de cajas y polyducto en muros S. N.</p> <p>Desformaletaer losa entrepiso</p> <p>Zanjeado para tubería de drenajes</p> <p>Colocación de tubos y hechura de cajas</p> <p>Prueba tubería de drenajes</p> <p>Cerrar zanjas de drenajes y compactar</p> <p>Zanjeado para tubería de agua potable</p> <p>Colocación de tubería de agua potable</p> <p>Prueba de tubería de agua potable</p> <p>Cerrar zanjas y compactar</p> <p>Tarima para acabados del cielo raso P. N.</p>

SN = Segundo Nivel

PN = Primer Nivel

N° Actv.	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD
	<p>Repello cielo raso P.N. Blanqueado cielo raso P.N. Quitar tarima para acabados cielo raso P.N. Andamio para acabados de muros P.N. Repello de muros P.N. Cernido de muros P.N. Entarimar gradas Colocar refuerzo para gradas y fundir Formaleta y fundición de columnas S. N. Formaleteado losa final Colocación refuerzo losa final, soleras y vigas Fundir losa final Curado losa final Compactar primer nivel con selecto Colocar piso P. N. Curado losa P.N. Colocar azulejos P.N. Quitar formaleta losa final Hacer tarima para acabados cielo raso S. N. Forjar y repellar cielo raso S. N Blanquear cielo raso S. N. Colocación de cajas y polyducto losa final</p>

SN = Segundo Nivel

PN = Primer Nivel

Nº. Actv.	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD
	<p> Quitar tarima para acabados cielo raso S.N. Andamio para acabados en paredes S. N. Repello en paredes S. N. Cernido de paredes Hacer andamio para acabados muros exteriores Repello muros exteriores Colocar piso S. N. Fraguado Piso S. N. Cernido de muros Exteriores Colocar Zoquetes Poner marcos y puertas Poner ventanas Poner vidrios Hacer closets Barnizar Alambrar unidades eléctricas Colocar armaduras y lámparas Colocar artefactos sanitarios Colocar accesorios y gabinetes de baños Drenajes S. N. Pulir y lustrar pisos Pintura de paredes Colocar tubería agua S. N. </p>

SN = Segundo Nivel

PN = Primer Nivel

Nº. Actv.	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD
	Limpieza general y levantar equipo
	Entregar la obra

PN = Primer Nivel

SN = Segundo Nivel

Al analizar el anterior listado se podrá observar que las actividades no necesariamente están en el orden lógico de ejecución, el listado no incluye ninguna otra información.

8.1.4. CUANTIFICACION DE VOLUMENES DE TRABAJO

Para cuantificar los volúmenes de trabajo se deberá contar con el juego de planos completos, ya que de ellos se irán sacando los volúmenes de cada una de las actividades. Además del volumen se deberá colocar la dimensional de cada una.

Como la manera de cuantificar es muy obvia no entro en detalle la manera de hacerlo, solamente presento el listado con sus volúmenes de trabajo.

Nº. Actv.	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	Unidad	Cantidad
	Inicio de la construcción	-	-
	Trazo y puenteo	ML	90
	Excavación de cimientos	ML	88
	Armado de cimientos y columnas P.N.	ML	670
	Colocación refuerzo del cimiento y centrado col.	ML	90
	Fundición del cimiento corrido	M ³	9
	Levantado hasta cimiento corrido	M ²	40
	Armado de solera hidrófuga y fundición	ML	112

Nº. Actv.	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
	Colocación de formaleta para solera hidrófuga	ML	224
	Levantado de muros	M ²	170
	Colocación de cajas y polyductos muros P.N.	-	Global
	Formaleta y fundición de columnas PN	ML	150
	Formaleteado losa del entrepiso	M ²	114
	Armado refuerzo de losa y solera remate	M ²	114
	Armado de columnas S. N.	MI	104
	Fundición de losa del entrepiso	M ³	12
	Levantado de muros S.N.	M ²	110
	Colocación de cajas y polyducto entrepiso	-	Global
	Colocación de cajas y polyducto muros S. N.	-	Global
	Desformaletear losa entrepiso	M ²	114
	Zanjeado para tubería de drenajes	ML	85
	Colocación tubería y hacer cajas	ML	85
	Prueba tubería drenajes	-	Global
	Cerrar zanjás agua potable	ML	50
	Tarima para acabados cielo raso P.N.	M ²	114
	Entarimar las gradás	M ²	7
	Repello cielo raso P.N.	M ²	114
	Colocar refuerzo para gradás y fundir	M ²	7
	Formaleteado y fundición de columnas S. N.	ML	208
	Formaleteado losa final	M ²	80

Nº. Actv.	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
	Colocación refuerzo losa final, soleras y vigas	M ²	80
	Fundir losa final	M ³	8
	Curado losa	-	Global
	Compactar primer nivel con selecto	M ²	110
	Colocar piso P.N.	M ²	110
	Curado piso P.N.	-	Global
	Colocar azulejos	M ²	25
	Desformaletear losa final	M ²	80
	Hacer tarima acabados cielo raso S.N.	M ²	80
	Forjar y repellar cielo raso	M ²	80
	Blanquear cielo raso S.N.	M ²	80
	Colocación de cajas y polyducto		
	Losa Final	-	Global
	Quitar tarima acabados cielo raso S.N.	M ²	80
	Andamio para acabados en paredes S.N.	ML	70
	Repello de paredes S. N.	M ²	182
	Cernido de paredes S. N.	M ²	182
	Hacer andamio para acabados muros exteriores	ML	94
	Repello muros exteriores	M ²	250
	Colocar Zoquetes	U.	186
	Poner marcos y puertas	U.	11
	Poner ventanas	U.	31
	Poner vidrios	-	Global
	Hacer closets	U.	73

Nº. Actv.	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
	Barnizar	M ²	73
	Alambrar unidades eléctricas	-	Global
	Colocar armaduras y lámparas	-	Global
	Colocar artefactos sanitarios	U.	13
	Colocar accesorios y gabinetes de baño	-	Global
	Drenajes S. N.	-	Global
	Pulir y lustrar pisos	M ²	194
	pintura de paredes	M ²	602
	Tubería de agua potable S. N.	-	Global
	Limpieza general y levantar equipo	-	Global
	Entregar la obra	-	-

PN = Primer Nivel

SN = Segundo Nivel

8.1.5. CALCULO DE LOS TIEMPOS DE EJECUCION DE CADA ACTIVIDAD

Para el cálculo de los tiempos de cada actividad se deberá decir de antemano con qué recursos de mano de obra y equipo se contará para la ejecución del proyecto. El planificador deberá contar con tablas de rendimientos promedios, su propia experiencia, la experiencia del equipo de trabajo y las tablas con que cuente la constructora. Para los cálculos de esta tesis utilicé las tablas de rendimientos de la tesis titulada Investigación y Catalogación de Rendimientos de Recursos para la Programación en la Industria de la Construcción, del Ingeniero Guillermo Balz. (Ver Bibliografía).

Esta etapa en la planificación de un proyecto es la que marca en forma clara la utilización del método CPM ó el método PERT, ya que si no cuenta con experiencias previas de rendimientos de una actividad lo recomendado es la utilización del PERT, porque el cumplimiento del tiempo será una probabilidad, empleándose entonces las fórmulas del PERT para el tiempo más probable.

Como una explicación de la forma de estimar los tiempos a cada actividad utilizaré la actividad “Levantado de muros del Primer Nivel”, como ejemplo:

Levantado de muros tiene un volumen de 170.00 M²; utilizando las tablas se sabe que un equipo de dos albañiles y un ayudante levantan 140 blocks/día. Lo que implica:

$$170.00 \text{ M}^2 \times 12.5 \text{ blocks/M}^2 = 2,125 \text{ blocks} \div 140 \text{ blocks/día} = 15 \text{ días} = t$$

De tal forma que la actividad “Levantado de Block Primer Nivel”, necesita 15 días para ser ejecutada en su tiempo normal.

Para calcular el tiempo normal de ejecución de la “Actividad Formaleta-entrepiso”, sabiendo que el área es de 114.00 M²; según la tabla de rendimientos, un albañil y un ayudante erigen 8.4 M² diarios, a simple vista se puede analizar que un sólo equipo de trabajo tardaría demasiado en formaletear el entrepiso, por lo que se utilizarán tres equipos de donde:

$$114.00 \text{ M}^2 \div 8.4 \text{ M}^2/\text{día} = 13.57 \text{ días} \div 3 \text{ equipos} = 4.5 \text{ días} = t$$

De esta forma se calculan el resto de las actividades y sus tiempos normales se colocan en el listado de actividades, así:

Nº. Actv.	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	(t) DURACION (DIAS)
	Inicio de la construcción	-	-	0
	Trazo y punteo	ML	90	1.5
	Excavación de cimientos	ML	88	7.0
	Armado de cimientos y columnas PN	ML	670	6.0
	Fundición del cimiento corrido	M ³	9	2.0
	Colocación refuerzo del cimiento y centrado col.	ML	90	6.0
	Levantado hasta la solera hidrófuga	M ²	40	2.0
	Armado solera hidrófuga y fundición	ML	112	5.0
	Colocación formaleta para solera hidrófuga	ML	224	3.0
	Levantado de muros P.N.	M ²	170	15.0

Nº. Actv.	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	DURACION DIAS
	Colocación de cajas y polyductos muros P.N.	-	Global	5.0
	Formaleta y fundición de columnas P.N.	ML	150	6.0
	Formaleteado losa entrepiso	M ²	114	4.5
	Armado refuerzo de losa y solera remate	M ²	114	6.0
	Armado de columnas S. N.	ML	104	5.0
	Fundición losa del entrepiso	M ³	12	1.0
	Levantado de muros S. N.	M ²	110	12.0
	Colocación cajas y polyductos losa entrepiso	-	Global	2.0
	Colocación cajas y polyducto muros S. N.	-	Global	3.0
	Desformaletear losa entrepiso	M ²	114	2.0
	Zanjeado para tubería drenajes	ML	85	5.0
	Colocación tubos y hacer cajas	ML	85	8.0
	Prueba tubería drenajes	-	-	1.0
	Cerrar zanjas de drenajes y compactar	ML	85	2.0
	Zanjeado para tubería agua potable	ML	50	2.0
	Colocación tubería agua potable	ML	50	3.0
	Prueba tubería agua potable	-	-	1.0
	Cerrar zanjas tubería agua potable	ML	50	1.0
	Tarima para acabados cielo raso PN	M ²	114	2.0
	Repello cielo raso P.N.	M ²	114	6.0
	Entarimar gradas	M ²	7	2.0
	Colocar refuerzos para gradas y fundir	M ²	7	2.0

Nº. Actv.	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	DURACION (DIAS)
	Formaleta y fundición de columnas SN	ML	208	8.5
	Formaleteado losa final	M ²	80	5.0
	Colocación refuerzo losa final, soleras y vigas	M ²	80	4.0
	Fundir losa final	M ³	10	1.0
	Curado losa final	-	-	14.0
	Compactar primer nivel con selecto	M ²	110	4.0
	Colocar piso P.N.	M ²	110	4.0
	Curado piso P.N.	-	-	14.0
	Colocar azulejos	M ²	25	5.0
	Desformaletear losa final	M ²	80	2.0
	Hacer tarima acabados cielo raso SN	M ²	80	2.0
	Forjar y repellar cielo raso S.N.	M ²	80	3.0
	Blanquear cielo raso S. N.	M ²	80	5.0
	Colocación de cajas y polyducto losa final	-	Global	2.0
	Quitar tarima acabados cielo raso SN	M ²	80	2.0
	Andamio para acabados muros SN	ML	70	2.0
	Repello de paredes S.N.	M ²	182	9.0
	Cernido paredes S. N.	M ²	182	6.0
	Hacer andamio para acabados muros exteriores	ML	94	3.0
	Repello muros exteriores	M ²	250	12.0
	Colocar zoquetes	U.	186	6.0
	Poner marcos y puertas	U.	11	3.0
	Poner ventanas	U.	31	7.0
	Poner vidrios	-	Global	3.0
	Hacer closets	U.	3	9.0

NP. ACTV.	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	DURACION
	Barnizar	M ²	73	6.0
	Alambrar unidades eléctricas	-	Global	5.0
	Colocar armaduras y lámparas	-	Global	5.0
	Colocar artefactos sanitarios	U	13	5.0
	Colocar accesorios y gabinetes de baños	-	Global	3.0
	Drenajes S.N.	-	Global	4.0
	Pulir y lustrar pisos	M ²	194	7.0
	Pintura de paredes	M ²	602	10.0
	Tubería de agua potable S.N.	-	Global	3.0
	Limpieza general y levantar equipo	-	Global	5.0
	Entregar la obra	-	-	0.0

PN = Primer Nivel
 SN = Segundo Nivel

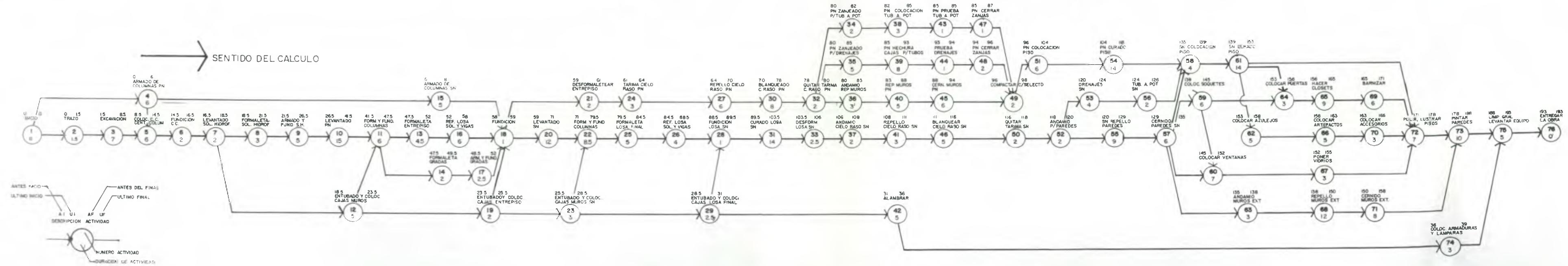
8.1.6 ELABORACION DEL DIAGRAMA DE NODOS ORIENTADOS

En esta etapa del método CPM, se entra a la parte gráfica del método y se deberán seguir las reglas de diagramación que se explicaron en la parte de los varios métodos de control de proyectos que hay, el resultado de seguir estas reglas es el cuadro No.; continuación del cuadro presentó el listado de actividades ya ordenado según el número que les corresponde en el diagrama de nodos. (Cuadro No. 2)

8.1.7 CALCULO DE LOS TIEMPOS TEMPRANOS, AI & AF

Para iniciar el cálculo de los tiempos AI & AF se deberá poner el tiempo de la primera actividad igual a cero y seguir calculando de izquierda a derecha sumando los tiempos normales de ejecución de cada actividad. En los casos en que varias actividades concurren a una misma, se deberá colocar el mayor de los tiempos. Así se continúa hasta la última actividad en donde el AI se iguala al AF y este será el tiempo total y ejecución del proyecto.

DIAGRAMA DE NODOS ORIENTADOS PARA LA CONSTRUCCION DE UNA VIVIENDA DE DOS NIVELES



CUADRO No.2 Calculo de los "tiempos tempranos" (AI y AF)

8.1.8 CALCULO DE LOS TIEMPOS TARDIOS UI & UF

Una vez obtenido el tiempo temprano de cada actividad, se deberá calcular los tiempos tardíos. Este cálculo se empieza de derecha a izquierda, igualando $AF = UF$ y $AI = UI$. Este cálculo para el ejemplo se muestra en el cuadro N°. 3.

8.1.9 DETERMINACION DE LA RUTA CRITICA

Una vez calculados los tiempos AI, AF, UI, UF, es fácil determinar la ruta crítica para la ejecución de la obra, ya que bastará con seguir la ruta formada por las “actividades críticas”; entendiéndose por actividad crítica, aquella en la cual los tiempos tardíos y tempranos son iguales, $AI=UI$ & $AF=UF$. La ruta que se encuentra se marca con una línea más gruesa para resaltarla y esta será la “ruta crítica”.

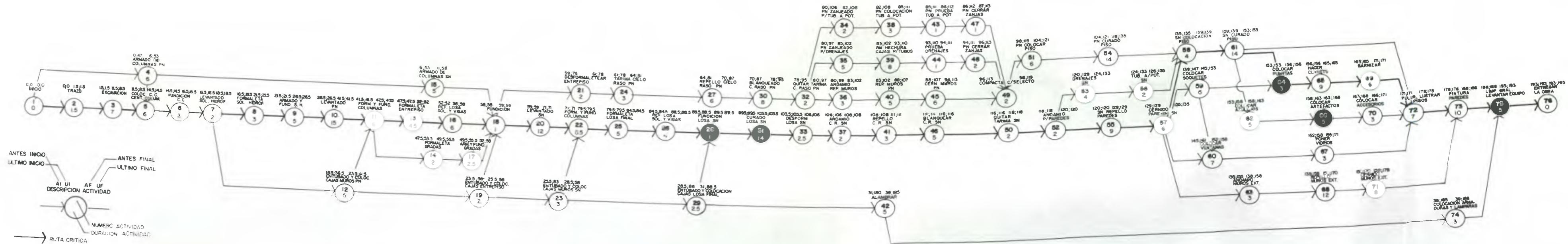
En el ejemplo de esta tesis, la construcción de una vivienda de dos niveles; la ruta crítica esta formada por las actividades críticas siguientes: 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 16, 18, 20, 22, 25, 26, 28, 31, 33, 37, 41, 46, 50, 52, 55, 57, 58, 61, 64, 65, 69, 72, 73, 75 y 76; con un tiempo total para ser ejecutada la obra de 193 días hábiles.-

N°. Actv.	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	CANT.	UNIDAD	t
01	Inicio de la construcción	0	0	0
02	Trazo y puenteo	90	MLS	1.5
03	Excavación de cimientos	88	MLS	7.0
04	Armado de columnas del primer nivel	670	MLS	6.0
05	Colocación cim. Corrido y centrado columnas	90	MLS	6.0
06	Fundición de cimiento	9	M ³	2.0
07	Levantado de blocks hasta solera hidrófuga	40	M ²	2.0
08	Formaletas de Solera hidrofuga	224	MLS	3.0

NP. Act.	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	CANT.	UNIDAD	t
09	Armado Sol. hidrófuga y fundición	112	MLS	5.0
10	Levantado de block, primer nivel	170	M ²	15.0
11	Formaleta y fundición de columnas	150	MLS	6.0
12	Coloc. tubería y cajas en muros	Global	Global	5.0
13	Entarimar losa del entrepiso	114	M ²	4.5
14	Entarimar gradas	7	M ²	2.0
15	Armado de columnas del S. N.	104	MLS	5.0
16	Armado losa, vigas y sol. Remate	114	M ²	6.0
17	Armado refuerzo gradas y fundición	7	M ²	2.0
18	Fundición losa del entrepiso	16	M ³	1.0
19	Colocar tubería y cajas eléctricas en losa	Global	Global	2.0
20	Levantado de block, segundo nivel	110	M2	12.0
21	Desformaletear entrepiso	114	M2	2.0
22	Formaleta y fundición de las columnas	208	MLS	8.5
23	Colocar tubería y cajas elec. Muros S. N.	Global	Global	3.0
24	Andamio cielo raso, primer nivel	114	M2	3.0
25	Formaleta losa, final segundo nivel	80	M2	5.0
26	Armado losa, vigas y sol. Segundo nivel	80	M2	4.0
27	Forjado y repello losa primer nivel	114	M2	6.0
28	Fundición losa segundo nivel	10	M3	1.0
29	Tubería cajas elec. Segundo nivel	Global	Global	2.0
30	Blanqueado cielo raso primer nivel	114	M2	8.0
31	Curado del concreto. Losa segundo nivel	-	-	14.0
32	Quitar tarima acabados cielo raso P.N.	114	M2	2.0
33	Desformaletear losa segundo nivel	80	M2	2.0
34	Zanjeado tub. agua potable, P. N.	50	MLS	2.0
35	Zanjeado tub. aguas negras, primer nivel	85	MLS	5.0

Nº. Actv.	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	CANT.	UNIDAD	t
36	Hechura de andamios para acabados muros P.N.	100	MLS	3
37	Tarima para acabados cielo raso	80	M2	2
38	Colocación tubería agua potable P.N.	50	ML	3
39	Hacer cajas y poner tub. drenajes PN	85	ML	8
40	Repello muros P.N.	170	M2	5
41	Repello cielo raso S. N.	80	M2	3
42	Alambrar tubería electricidad	Global	Global	5
43	Prueba presión tub. agua potable PN	-	--	1
44	Prueba tubería de drenajes P.N.	-	-	1
45	Cernido de muros P.N.	170	M2	6
46	Blanquear cielo raso S.N.	80	M2	5
47	Cerrar zanjas tub. agua potable PN	50	ML	1
48	Cerrar zanjas tub. drenajes P.N.	85	ML	2
49	Compactar P.N. con selecto	114	M2	4
50	Quitar tarima acabados cielo raso SN	80	M2	2
51	Colocar piso P. N.	114	M2	6
52	Andamio para acabados en muros SN	70	ML	2
53	Instalar drenajes S. N.	Global	Global	4
54	Fraguado piso S. N.	-	-	14
55	Repello muros S. N.	182	M2	9
56	Poner tub. agua potable	Global	Global	2
57	Cernido muros S. N.	182	M2	6
58	Colocación piso S. N.	80	M2	4
59	Colocación zoquetes	186	U.	6
60	Colocar ventanería	31	U.	7
61	Fraguado piso S. N.	Global	Global	14

DIAGRAMA DE NODOS ORIENTADOS PARA LA CONSTRUCCION DE UNA VIVIENDA DE DOS NIVELES



CUADRO No.4 Ruta critica

Nº. Actv.	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	CANT.	UNIDAD.	t
62	Colocar azulejos	25	M2	5
63	Hacer andamio para muros exteriores	94	ML	3
64	Colocar marcos y puertas	11	U.	3
65	Hacer los closets	3	U.	9
66	Colocar artefactos sanitarios	13	U.	5
67	Colocar vidrios	Global	Global	3
68	Repello muros exteriores	250	M2	12
69	Barnizar puertas closets	73	M2	6
70	Colocar accesorios de baños	Global	Global	3
71	Cernido de muros exteriores	250	M2	8
72	Pulir y lustrar pisos	194	M2	7
73	Pintura de paredes	602	M2	10
74	Colocación de armaduras y lámparas	Global	Global	5
75	Limpieza general y levantar equipo	Global	Global	5
76	Entregar la obra	-	-	0

Listado de actividades y duración de las mismas, para una constr. dos niveles.

El cuadro Nº. 4 muestra la ruta crítica.

8.1.10. COMPRESION DE LA RED

Una de las características de mucha utilidad que tiene el método CPM, es la posibilidad de ser "comprimido" el total del proyecto, debido a que el tiempo resultante no cumple con las necesidades de tiempo con que se cuenta para ejecutar la obra; para poder acortar el tiempo total del proyecto se deberá de "comprimir" una o algunas de las actividades críticas. Es importante mencionar que al acortar el tiempo normal de un actividad se incurre en un aumento del costo de ella.

Todas las actividades tienen un límite para ser comprimidas; pasado éste, así se aumenten los recursos el tiempo no disminuirá. En el caso del ejemplo, el factor costo no es analizado, por lo que no se toma en cuenta el efecto de la compresión en este renglón. Para comprimir la ruta crítica en este ejemplo, se añadirá una cuadrilla más de albañiles (dos alb. Y un ayudante), dando como resultado después de los cálculos que las actividades críticas siguientes redujeron su tiempo: 10, 13, 20, 22, 31, 33, 61, 65, 69 y 73, y con un tiempo total de 161 días, tiempo que satisface las demandas de ejecución.

8.1.11 CALCULO DE LA NUEVA RUTA CRITICA

Al terminar de hacer los nuevos cálculos de las actividades comprimidas, se deberá de recalcular los nuevos tiempos tardíos y tempranos para encontrar la nueva ruta crítica, ya que sucede muchas veces, que al comprimir algunas actividades críticas, se altere la original ruta crítica. En este ejemplo la nueva crítica es la formada por las siguientes actividades críticas: 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 16, 18, 20, 22, 25, 26, 28, 31, 33, 37, 41, 46, 50, 52, 57, 58, 61, 62, 66, 70, 72, 73, 75, y 76.

La nueva ruta crítica esta representada en el cuadro No. 5

8.2 PROGRAMACION

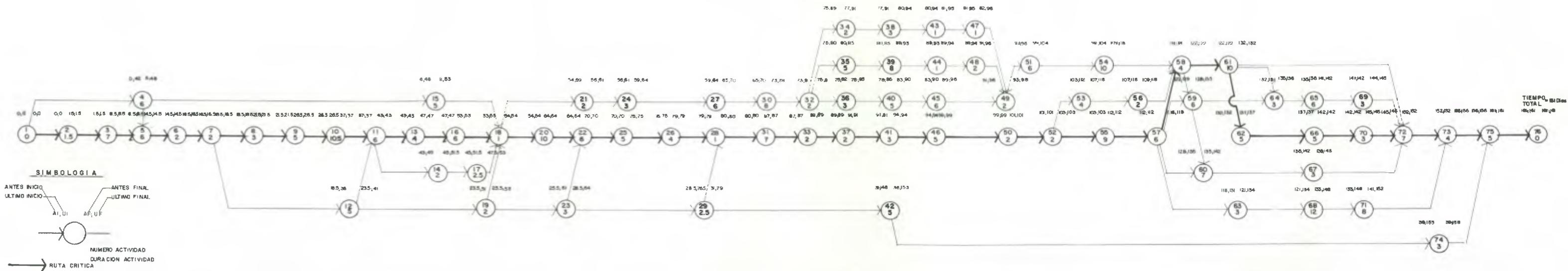
8.2.1 DIAGRAMA CALENDARIO (BARRAS)

La programación de este método consiste básicamente en enmarcar, en el tiempo el diagrama de nodos orientados. El diagrama que se utiliza es el llamado de barras o de Gantt, el cual es muy sencillo de interpretar y de elaborar, permitiendo además, marcar el avance de las actividades según se van ejecutando.

El primer paso para la elaboración del diagrama es fijar la fecha de inicio del proyecto. En este ejemplo se ha puesto el 1º. De junio. A partir de esta fecha, se marcan ciento sesenta y un días hábiles y se tiene la fecha de terminación del proyecto.

La facilidad de interpretación permite que el personal encargado de las actividades pueda sentir la responsabilidad de terminar en el tiempo especificado.

DIAGRAMA DE NODOS ORIENTADOS PARA LA CONSTRUCCION DE UNA VIVIENDA DE DOS NIVELES



CUADRO No.5 Ruta Critica Final

El cuadro N°. 6 muestra el diagrama de barras final.

8.3.2. LISTADO FINAL DE ACTIVIDADES

Para finalizar la presentación del ejemplo, muestro el listado de actividades con todos sus tiempos finales, incluyendo los tiempos flotantes Total y Libre; además de estos tiempos se pueden incluir como información. Los tiempos calendarios, fechas.

Nº. Act.	Descripción de la actividad	t	AI	AF	UI	UF	FT	FL		
01	Inicio de la construcción	0	0	0	0	0	0	0		Inicial
02	Trazo y punteo	1.5	0	1.5	0	1.5	0	0	Crítica	
03	Excavación de cimiento	7.0	1.5	8.5	1.5	8.5	0	0	Crítica	
04	Armado de columnas del primer nivel	6.0	0	6.0	42.0	48.0	6.0	2.5		
05	Coloc. de cim. corrido y cent. col.	6.0	8.5	14.5	8.5	14.5	0	0	Crítica	
06	Fundición del cimiento	2.0	14.5	16.5	14.5	16.5	0	0	Crítica	
07	Levantado de block hasta sol hidro	2.0	16.5	18.5	16.5	18.5	0	0	Crítica	
08	Formaleta de solera hidrófuga	3.0	18.5	21.5	18.5	21.5	0	0	Crítica	
09	Armado sol hidrófuga y fundición	5.0	21.5	26.5	21.5	26.5	0	0	Crítica	
10	Levantado de block primer nivel	10.5	26.5	37.0	26.5	37.0	0	0	Crítica	
11	Formaleta y fundición de colum.	6.0	37.0	43.0	37.0	43.0	0	0	Crítica	
12	Coloc. tubería y cajas en muros	5.0	18.5	23.5	36.0	41.0	17.5	-13.5		
13	Formaletear losa entre piso	4.0	43.0	47.0	43.0	47.0	0	0	Crítica	
14	Entarimar gradas	2.0	43.0	45.0	49.0	51.5	6.0	0		
15	Armado columnas S. N.	5.0	6.0	11.0	48.0	53.0	42.0	42.0		
16	Armado losa, vigas y sol remate SN	6.0	47.0	53.0	47.0	53.0	0	0	Crítica	
17	Armado ref. gradas y fundición	2.5	45.0	51.5	47.5	53.0	2.5	-6.5		
18	Fundición entrepiso	1.0	53.0	54.0	53.0	54.0	0	0	Crítica	
19	Coloc. cajas y polid. en entrepiso	2.0	23.5	25.5	51.0	53.0	27.5	-27.5		
20	Levantado de block S. N.	10.0	54.0	64.0	54.0	64.0	0	0	Crítica	
21	Desformaletear entrepiso	2.0	54.0	56.0	59.0	61.0	5.0	0		
22	Formaleta y fundición de columnas	6.0	64.0	70.0	64.0	70.0	0	0	Crítica	
23	Coloc. cajas y polyducto muros S. N.	3.0	25.5	28.5	61.0	64.0	35.5	0		
24	Andamio cielo raso P.N.	3.0	56.0	59.0	61.0	64.0	5.0	0		
25	Formaleta losa final	5.0	70.0	75.0	70.0	75.0	0	0	Crítica	
26	Armado refuerzo losa final	4.0	75.0	79.0	75.0	79.0	0	0	Crítica	
27	Forjado y repello losa P.N.	6.0	59.0	65.0	64.0	70.0	5.0	0		

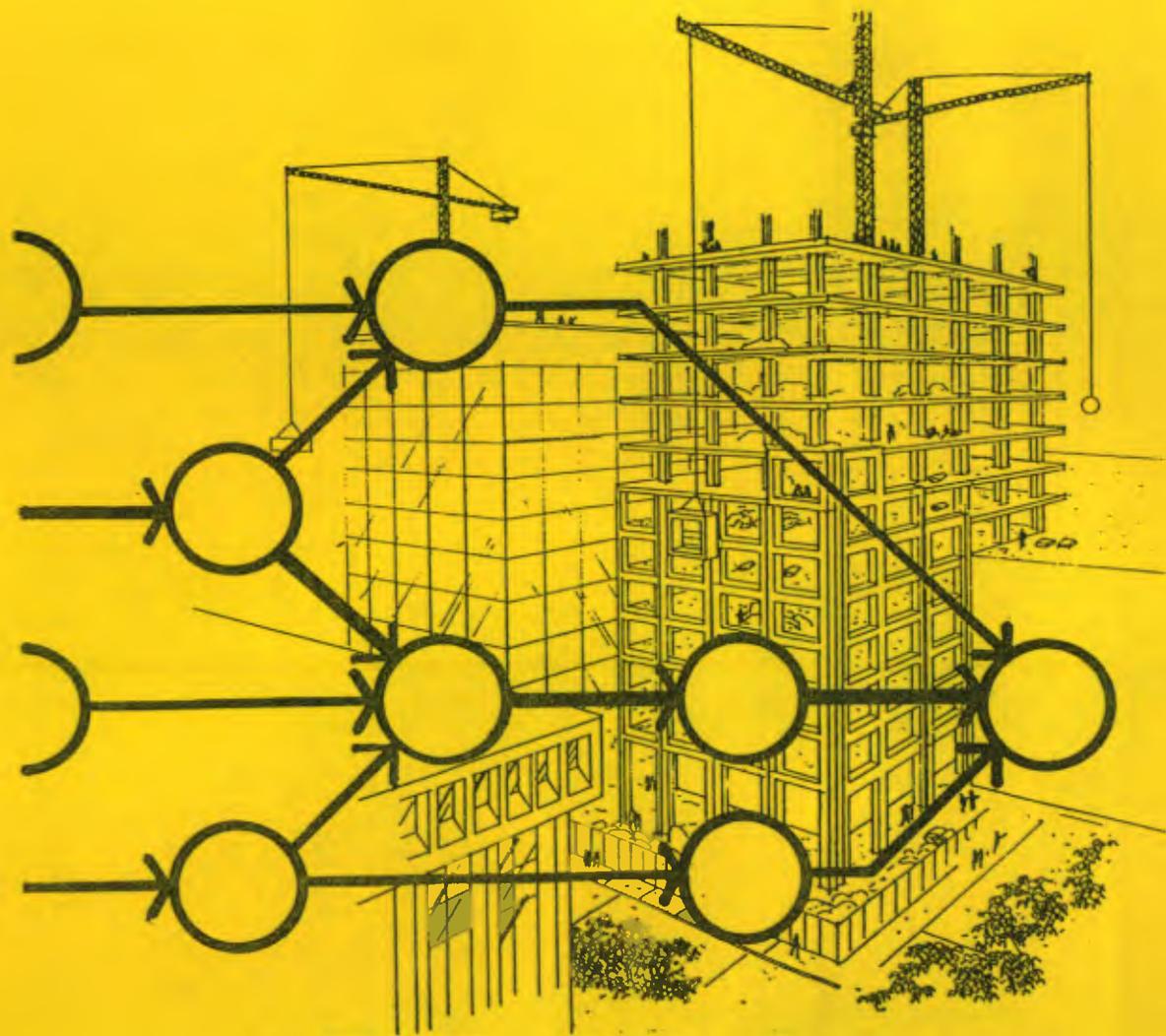
Nº. Act.	Descripción de la actividad	t	AI	AF	UI	UF	FT	FL	
28	Fundición losa final	1.0	79.0	80.0	79.0	80.0	0	0	Crítica
29	Coloc. cajas y polyd. losa final	2.5	28.5	31.0	76.5	79.0	48.0	-48.0	
30	Blanqueado cielo raso P.N.	8.0	65.0	73.0	70.0	78.0	5.0	0	
31	Curado concreto losa final	7.0	80.0	87.0	80.0	87.0	0	0	Crítica
32	Quitar tarima acabados cielo raso PN	2.0	73.0	75.0	78.0	80.0	5.0	0	
33	Desformaletear losa S. N.	2.0	87.0	89.0	87.0	89.0	0	0	Crítica
34	Zanjeado tubería agua potable P.N.	2.0	75.0	77.0	89.0	91.0	14.0	0	
35	Zanjeado tubería aguas negras P.N.	5.0	75.0	80.0	90.0	95.0	15.0	0	
36	Hacer andamio para acabados murosPN	3.0	75.0	78.0	82.0	85.0	7.0	0	
37	Tarima p/acab. cielo raso S.N.	2.0	89.0	91.0	89.0	91.0	0	0	Crítica
38	Coloc. tubería agua potable P.N.	3.0	77.0	80.0	91.0	94.0	14.0	0	
39	Hacer cajas y poner tub. dren. P.N.	8.0	80.0	85.0	96.0	93.0	16.0	0	
40	Repello muros	5.0	78.0	83.0	85.0	90.0	7.0	0	
41	Repello cielo raso	3.0	91.0	94.0	91.0	94.0	0	0	Crítica
42	Alambrar tubería eléctrica	5.0	31.0	36.0	48.0	53.0	17.0	0	
43	prueba presión tub. a. potable P.N.	1.0	80.0	81.0	94.0	95.0	14.0	0	
44	Prueba tubería drenajes P.N.	1.0	88.0	89.0	93.0	94.0	5.0	0	
45	Cernidos muros P.N.	6.0	83.0	89.0	90.0	96.0	7.0	2	
46	Blanquear cielo raso S. N.	5.0	94.0	99.0	94.0	95.0	0	0	Crítica
47	Cerrar zanjas a. potable P.N.	1.0	81.0	82.0	95.0	96.0	14.0	9	
48	Cerrar zanjas tub. drenajes P.N.	2.0	89.0	91.0	94.0	96.0	5.0	0	
49	Compactar P.N. con selecto	2.0	91.0	93.0	96.0	98.0	5.0	0	
50	Quitar tarima acab. cielo r. S. N.	2.0	99.0	101.0	99.0	101.0	0	0	Crítica
51	Colocar piso P.N.	6.0	93.0	99.0	98.0	104.0	5.0	0	
52	Andamio para acab. en muros S. N.	2.0	101.0	103.0	101.0	103.0	0	0	Crítica
53	Instalar drenajes S. N.	4.0	103.0	107.0	112.0	116.0	9.0	0	
54	Fraguado piso P.N.	10.0	99.0	109.0	104.0	118.0	5.0	0	

Nº. Act.	Descripción de la actividad	t	AI	AF	UI	UF	FT	FL		
55	Repello muros S.N.	9.0	103.0	112.0	103.0	112.0	0	0	Crítica	
56	Poner tub. agua potable S. N.	2.0	107.0	109.0	116.0	118.0	9.0	9.0		
57	Cernido muros S. N.	6.0	112.0	118.0	112.0	118.0	0	0	Crítica	
58	Colocación pisos S. N.	4.0	118.0	122.0	118.0	122.0	0	0	Crítica'	
59	Colocación zoquetes	6.0	122.0	128.0	129.0	135.0	7.0	4.0		
60	Colocar ventanería	7.0	128.0	135.0	135.0	142.0	7.0	0		
61	Fraguado pisos S. N.	10.0	122.0	132.0	122.0	132.0	0	0	Crítica	
62	Colocar azulejos	5.0	132.0	137.0	132.0	137.0	0	0	Crítica	
63	Hacer andamio para muros ext.	3.0	118.0	121.0	131.0	134.0	13.0	0		
64	Colocar marcos y puertas	3.0	132.0	135.0	133.0	136.0	1.0	0		
65	Hacer closets	5.0	135.0	141.0	136.0	142.0	1.0	0		
66	Colocar artefactos sanitarios	5.0	137.0	142.0	137.0	142.0	0	0	Crítica	
67	Colocar vidrios	3.0	135.0	138.0	142.0	145.0	7.0	7.0		
68	Repello muros exteriores	12.0	121.0	133.0	134.0	146.0	13.0	0		
69	Barnizar puertas y closets	3.0	141.0	144.0	142.0	145.0	1.0	1.0		
70	Colocar accesorios de baños	3.0	142.0	145.0	142.0	145.0	0	0	Crítica	
71	Cernido de muros ext.	8.0	133.0	141.0	146.0	152.0	13.0	11.0		
72	Pulir y lustrar pisos	7.0	145.0	152.0	145.0	142.0	0	0	Crítica	
73	Pintura de paredes	4.0	152.0	156.0	152.0	156.0	0	0	Crítica	
74	Colocación armaduras y lámparas	4.0	152.0	156.0	152.0	156.0	0	0	Crítica	
75	Limp. general y levant. equipo	5.0	156.0	161.0	156.0	161.0	0	0	Crítica	
76	Entregar la obra	0	161.0	161.0	161.0	161.0	0	0		Final

LISTADO DE ACTIVIDAD Y SUS TIEMPOS

P.N. = Primer Nivel

S.N. = Segundo Nivel



CAPITULO 9
CONCLUSIONES
Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Para terminar este trabajo quisiera hacer una pequeña reseña de la Tesis y de los métodos presentados, como dije al principio aunque se haga una "*una deficiente Programación es mucho mejor que no tener ninguna*". Hemos hecho un recorrido por los métodos de Planificación, Programación y sobre todo el control de los Proyectos, que se pueden utilizar en el ramo de la construcción, y de cualquier índole de Proyecto que se quiera controlar de forma técnica.

El caso del Gantt, que es un excelente método para presentaciones finales, por su facilidad de visualización ya que es muy sencillo de interpretar.

El CPM, que es un método bastante claro, en cuanto a los pasos a seguir, para desarrollar una buena Planificación y su cálculo para la Programación no necesita de una matemática muy elevada; tiene la ventaja que si se cuenta con experiencia previa en las actividades que se deben hacer para alcanzar nuestro fin, es posible calcular con bastante precisión la duración de las actividades y los recursos que se necesitan para hacerlas.

En el caso del PERT, es básicamente un método probabilístico, en el cual no se cuenta con una experiencia previa en el proyecto que nos interesa desarrollar, desde luego que es un excelente método para el control de los proyectos, ya que con el control de seguimiento es posible alcanzar el éxito perseguido.

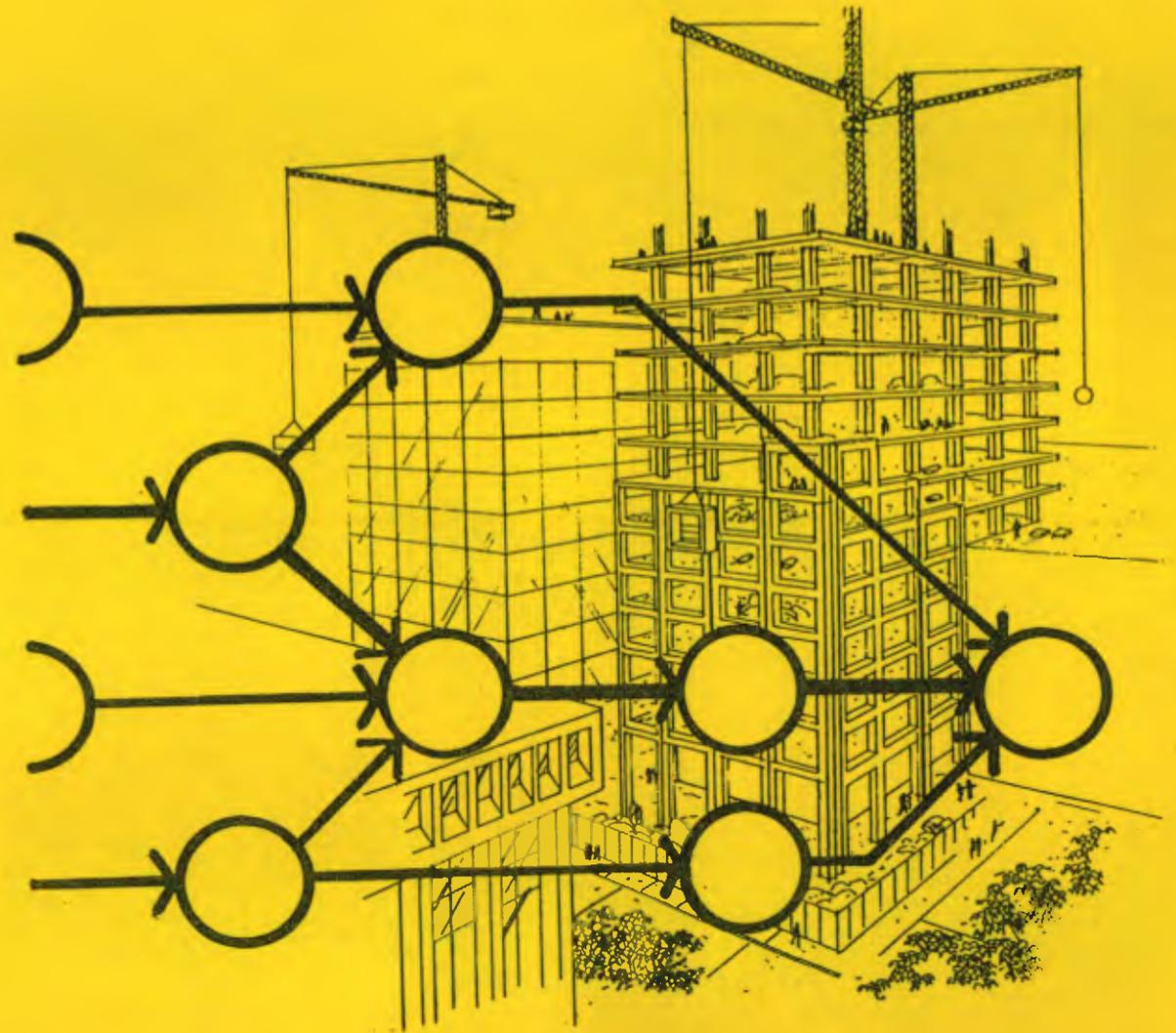
En el caso del RAMPS, lo presenté como un auxiliar para cuando se tengan que controlar varios proyectos simultáneos y se necesita que los recursos con que cuenta la empresa estén debidamente utilizados, para obtener un mejor rendimiento de ellos, por lo que considero que el RAMPS, es un complemento de los programas anteriores.

El PEP, es una variante de los métodos CPM y PERT, y es de uso exclusivo para la formulación de proyectos con el BID. Yo tuve la oportunidad de cooperar en el equipo que desarrolló dos métodos PEP para préstamos de instituciones Gubernamentales, para proyectos de vivienda. Realmente la función del método es poder tener uniformidad en los proyectos que se presentan al BID.

RECOMENDACIONES

El alcance de este trabajo es dar información a personas interesadas en conocer y poder aplicar estos métodos, pero sin contar con una computadora, ya que se puede sin mayor grado de dificultad, desarrollar el CPM, hasta con doscientas actividades, siempre que la persona sea ordenada. Porque aún actualmente el uso de equipos es incipiente, sobre todo en el interior de nuestro país, que son las zonas que necesitan mayor desarrollo y más transparencia en el uso de los recursos para lograr los Proyectos que se necesitan. Este control de los proyectos les permitirá poder contar con una herramienta que les redundará en beneficio de sus comunidades, al conocer el avance real de los Proyectos y consecuentemente las cantidades de dinero que realmente se han invertido en ellos.

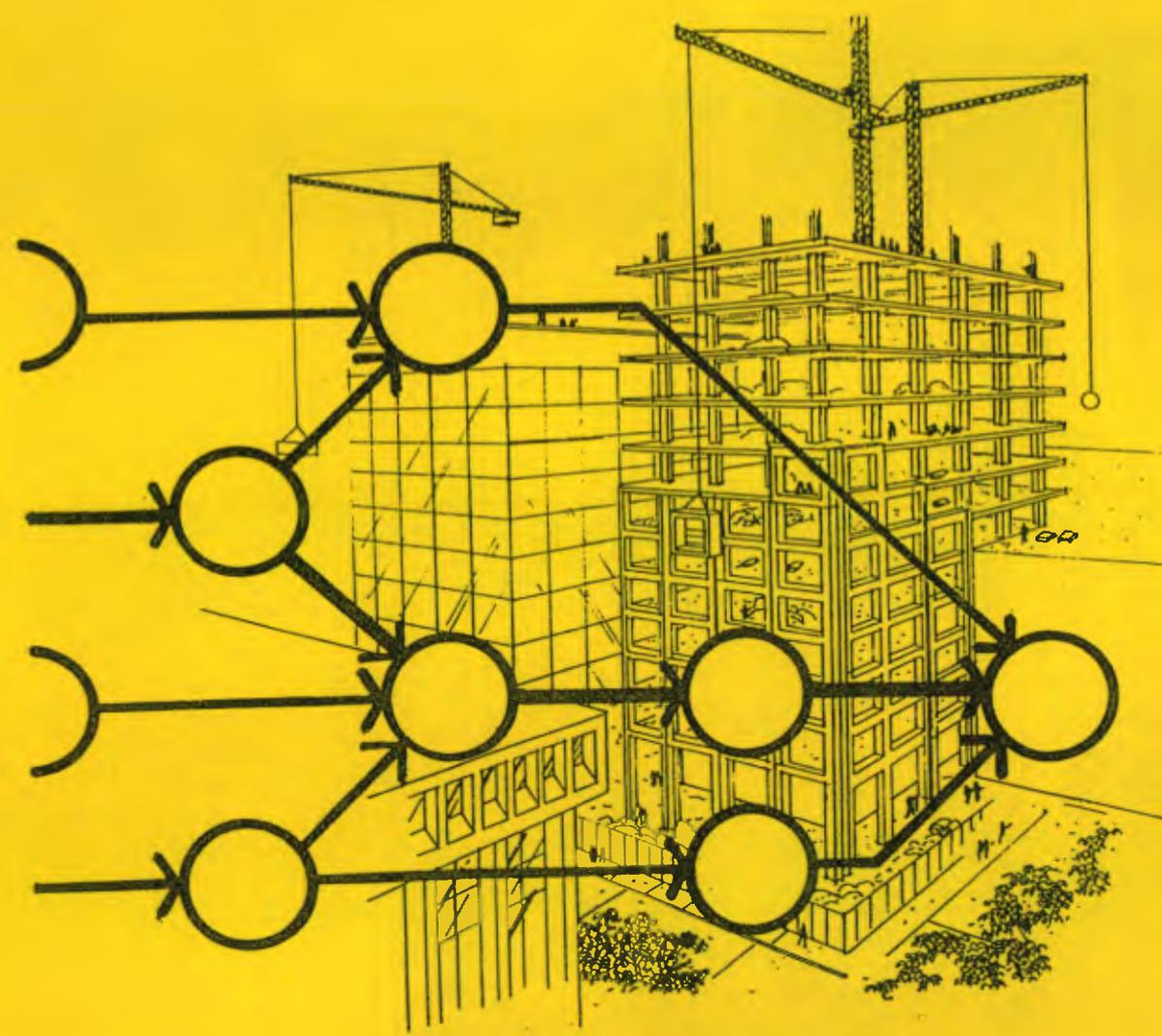
En nuestro país hay 331 Municipalidades, en la mayoría de ellas ya se cuenta con equipos de computación, aunque su uso es básicamente para contabilidad de los ingresos locales. Es posible entrenar a este personal para que puedan desarrollar estos métodos y si no es posible el uso de una computadora lo podrán hacer manualmente, ya que de esta forma aunque hayan cortes de energía eléctrica, como comúnmente ocurre en el interior del País, no se perderá la información.



BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA

1. ACEITUNO, ROBERTO
DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN DEL METODO SAM.
Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil,
Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos, 1975.
2. ANTILL, JAMES M.
Y WOODHEAD, RONALD M.
METODO DE LA RUTA CRITICA Y SU APLICACION
A LA CONSTRUCCION. Editorial Limusa-Wiley, México
D.F., primera edición, 1969.
3. BALZ, GUILLERMO
INVESTIGACIÓN Y CATALOGACIÓN DE RENDIMIEN-
TOS DE RECURSOS PARA PROGRAMACIÓN EN LA
INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN. Facultad de Inge-
nería, Universidad de San Carlos, 1971.
4. BRUNI, EUGENIO
CPM, PERT, RAMPS. Centro Nacional de desarrollo,
adistramiento y productividad, CENDAP, 1971.
5. CATALYTIC CONSTRUC-
TION CO.
METODO DEL CAMINO CRITICO. Editorial Diana, Mé-
xico D.F., Cuarta impresión, 1972.
6. LEÑERO, JOSE
PROGRAMACIÓN Y CONTROL MEDIANTE LAS TEC-
NICAS PERT-CPM. ICAP, San José Costa Rica, 1975.
7. LEVY, FERDINAND
THOPSON, GERALD
WIEST, JEROME D.
EL ABC DEL CAMINO CRITICO, INTECAP, Guatemala
1975.



ANEXOS

MODELO DE RED DE NODOS ORIENTADOS PARA LA CONSTRUCCION DE UNA VIVIENDA DE UN NIVEL

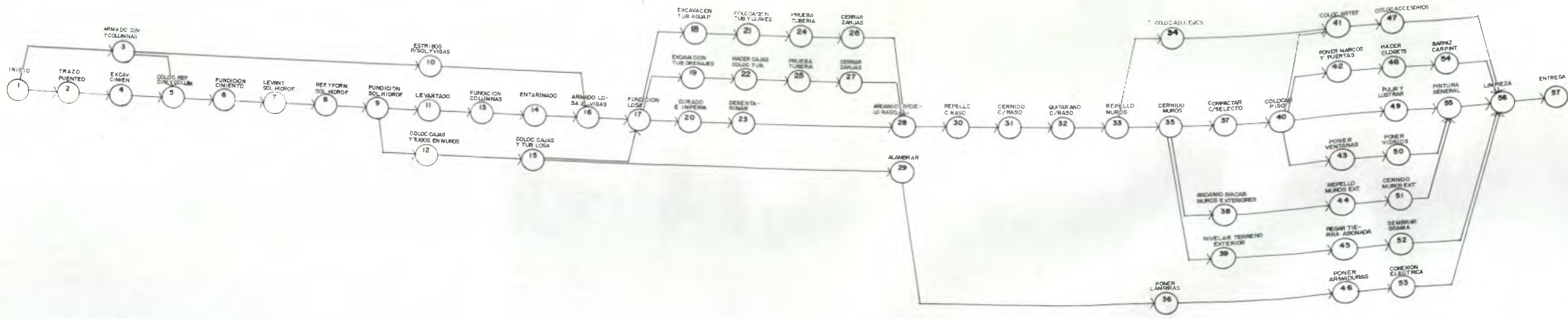
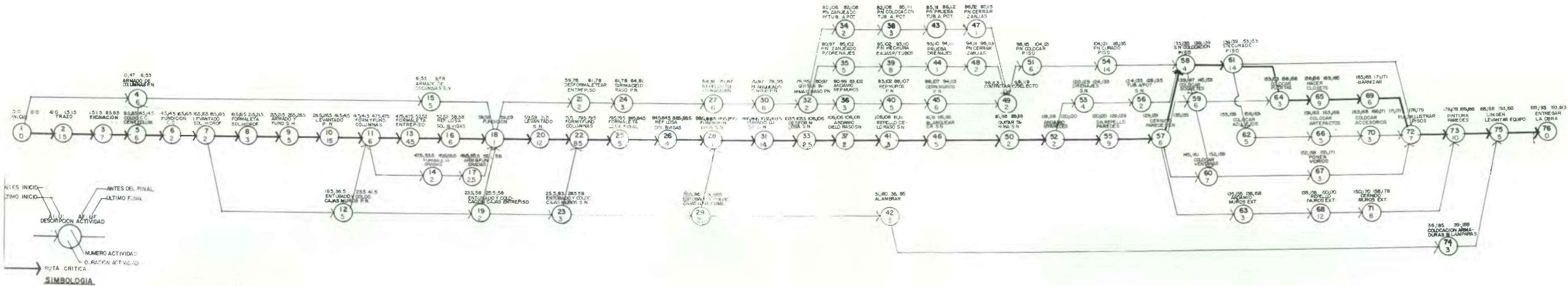
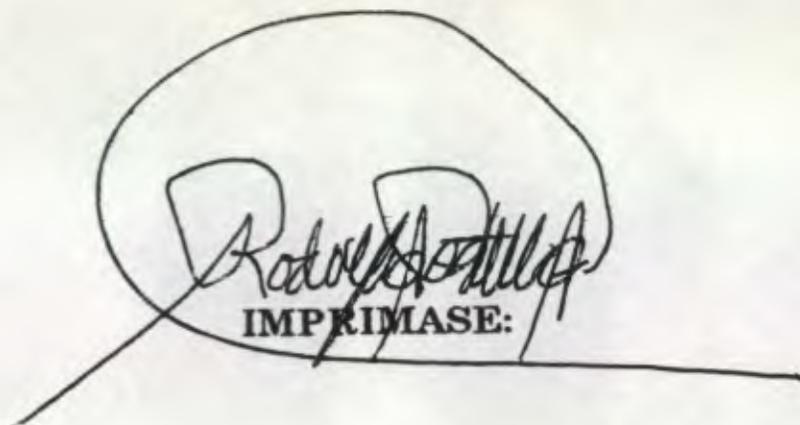


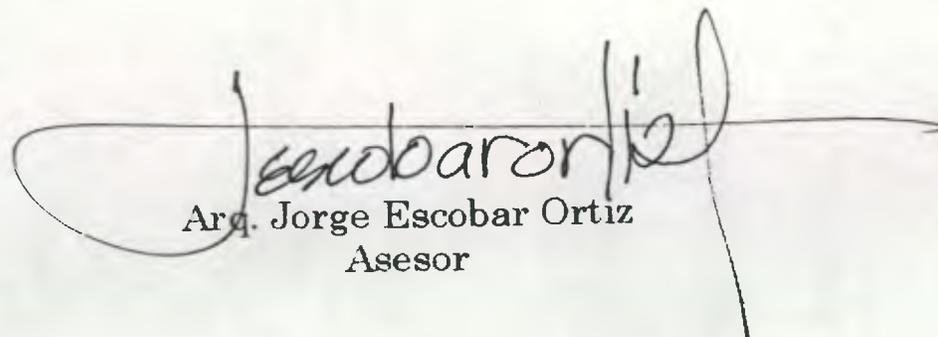
DIAGRAMA DE NODOS ORIENTADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA DE DOS NIVELES



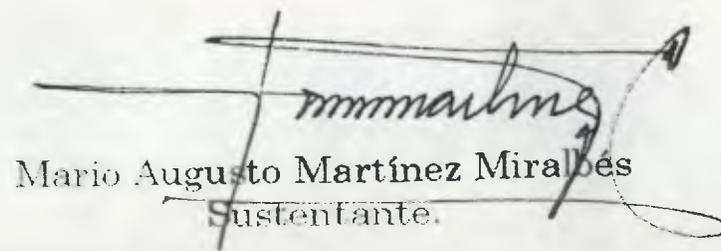


IMPRIMASE:

Arq. Rodolfo Alberto Portillo Arriola
Decano



Arq. Jorge Escobar Ortiz
Asesor



Mario Augusto Martínez Miralbés
Sustentante.