



7  
2

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales  
"ZARAGOZA"

**Planeación, Programación, Asignación de Recursos y  
Control para el Proyecto de la Ingeniería Requerida  
para la Curva de Expansión del Oleoducto de 36 Pulgadas  
de Diámetro para la Plataforma de Enlace del  
Complejo de AKAL "C" de la Sonda de Campeche**

## T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**Ingeniero Químico**

P R E S E N T A N :

**LYDIA JIMENEZ GONZALEZ**

**JOAQUIN ALFONSO MONTOYA DELGADILLO**

México, D. F.

1985



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE GENERAL

		PAG.
	INTRODUCCION:.....	1
I	ANTECEDENTES.....	7
II	GENERALIDADES.....	13
	2.1 Conceptos de Administración de Proyectos.....	14
	2.2 Planeación de un Proyecto.....	17
	2.3 Programación de un Proyecto.....	30
	2.4 Asignación de Recursos.....	42
	2.5 Control de Proyectos.....	47
III	DESARROLLO DEL PROYECTO.....	49
	3.1 Alcance del Proyecto.....	50
	3.2 Lista de Actividades.....	51
	3.3 Matriz de Sucedencias.....	52
	3.4 Diagrama de Flechas.....	53
	3.5 Matrices de Tiempos.....	54
	3.6 Diagrama de Gantt.....	55
	3.7 Diagrama de Precedencias.....	55
	3.8 Asignación de Recursos.....	56
	3.9 Programa Final del Proyecto.....	58
	3.10 Curvas o Gráficas de Avance.....	58
IV	CONCLUSIONES.....	60
	APENDICE 'A'.....	66
	A.1 Diagramas de Gantt o Diagramas de Barras.....	67
	A.2 Critical Path Method (CPM).....	68
	A.3 Project Evaluation and Review Technique (PERT).....	68
	A.4 Precedence Diagramming Method (PDM).....	70

	PAG.
A.5 Algoritmos de Cálculo de los Parámetros Empleados en PERT...	71
A.6 Construcción del Diagrama de Precedencias.....	73
A.7 Asignación de Recursos.....	74
A.8 Control de Proyectos. Técnicas Usadas.....	93
APENDICE 'B'.....	100
B.1 Bases Estadísticas del PERT.....	101
B.2 Estimación de la Media y Varianza de los Tiempos de Ejecución de la Actividad.....	107
B.3 Probabilidad de Satisfacer una Fecha Programada.....	109
B.4 Uso de Datos Históricos en la Estimación de a, m y b.....	112
APENDICE 'C'.....	116
C.1 Descripción del Paquete de Computadora.....	118
C.2 Información Básica para el Uso del Paquete.....	126
C.3 Descripción del Paquete Desarrollado.....	144
APENDICE 'D'.....	146
D.1 Resultados Generados por el Paquete de Computadora.....	147
D.2 Resultados Generados por el Paquete Desarrollado.....	153
B I B L I O G R A F I A.....	164



INTRODUCCION

## I N T R O D U C C I O N

La administración ha adquirido gran auge en fecha recientes dentro de la ingeniería, dado que gran parte del crecimiento tecnológico del país se enfoca al desarrollo de proyectos que están encaminados al mejoramiento económico de México.

La administración de la tecnología requiere una sólida base en la rama de ingeniería, y es por esto que el ingeniero químico, día a día va adentrándose debido a las necesidades que surgen entre el desarrollo tecnológico y la demanda de satisfactores.

Actualmente el uso de las técnicas de administración se ha difundido en varias empresas del país para agilizar y optimizar la administración de proyectos.

Los paquetes implementados para computadoras digitales son ahora de gran ayuda para que la administración sea más dinámica. Estos paquetes, la mayoría de las veces son comprados en el extranjero, habitualmente en los Estados Unidos de Norteamérica, que es donde surgieron las técnicas de administración como la de Determinación de la Ruta Crítica, la Técnica de Revisión y Evaluación de Programas y la del Diagrama de Precedencias (CPM, PERT y PDM respectivamente); que son las técnicas que se emplearán en este trabajo para el proyecto "Revisión de la Curva de Expansión para una Tubería Vertical de 36 pulgadas de diámetro en Aka1 "C".

El proyecto en cuestión se le asignó a un Jefe de Proyectos, el cual será el encargado de la administración y manejo del mismo.

Es aquí donde se hace necesario el uso de alguna técnica de administración -- que proporcione las herramientas necesarias para lograr una administración y ejecución confiable y eficaz. Estas técnicas son particularmente útiles en -- las fases de planeación de la estrategia y planeación de operaciones, aún -- cuando se aplican al conjunto del proyecto.

El CPM (Critical Path Method) y el PERT (Program Evaluation and Review Technique), son técnicas de administración que fueron desarrolladas independiente-- mente, pero desde que se originaron, todas sus diferencias aparentes han desa-- parecido; las características de una técnica han sido incorporadas a la otra -- y viceversa.

El diagrama de flechas o red es común en ambos métodos. Es en el cálculo que se hace y en el énfasis que se pone sobre varios aspectos de la red, donde -- surgen diferencias, el punto importante es que se desarrolla un modelo de tra-- bajo del proyecto, creando un plan maestro a partir del cual puede prepararse un programa real.

El PDM (Precedence Diagramming Method) es una técnica que muestra, como su -- nombre lo dice, un diagrama de precedencias dando importancia a las interrela-- ciones entre actividades, creando igualmente que PERT y CPM un modelo del pro-- yecto.

Ambas técnicas son igualmente aplicables a la planeación, programación y control de cualquier tipo de proyecto.

La decisión de aplicar a un proyecto el CPM, PERT y el PDM surge de la necesidad que se tiene de coordinar las diversas acciones independientes que se deben considerar para producir un plan y un programa, así como asignar los recursos necesarios para el cumplimiento del plan y programa. También debe incluir la incorporación de cambios a medida que se presenten e inmediatamente conocer el efecto de cada uno de ellos, por lo que se requiere de un sistema dinámico de planeación y de programación que no solo produzca el plan y programa inicial más apropiados, sino que sea lo suficientemente dinámico para reaccionar instantáneamente a condiciones modificadas y aún así, producir el mejor plan y el mejor programa.

La función del CPM, PERT y PDM es proporcionar un control sistemático para -- que la administración solo intervenga cuando el proyecto esté fuera del programa, o en caso de que se presente cualquier otra dificultad.

La efectividad de la administración se mide por los resultados alcanzados. -- Cuando es necesario realizar algunos cambios a los planes originales, el factor clave es siempre el tiempo de respuesta a estos cambios.

El CPM, PERT y el PDM son excelentes herramientas porque muestran gráficamente las relaciones entre todas las actividades de un proyecto e indican claramente donde recaen las responsabilidades. Por otra parte, no solamente proporcionan

a la administración el control, sino que pueden ser controladas por la administración siendo estas las razones de su creciente éxito y popularidad.

La asignación de recursos dentro de los proyectos es de suma importancia, y debe tenerse cuidado al realizarla, ya que si ésta no se hace adecuadamente, el costo del proyecto puede incrementarse, sobre todo si se trata de reducir el tiempo programado de terminación.

Con la asignación de recursos puede diferir ligeramente la terminación de un proyecto, puesto que en algunas situaciones por no decir que en la mayoría, los recursos no son suficientes y esto provoca que se sacrifique la fecha de terminación, o bien se tenga la necesidad de contratar más personal o algún otro recurso para cumplir con la fecha programada, una vez iniciado el proyecto.

Aunado al desarrollo y creación de nuevas técnicas de administración de proyectos, está la creación de paquetes administrativos para computadora, que permiten la agilización y elaboración de programas de proyectos con un gran número de actividades que en forma manual sería tardado y tal vez más costoso.

En base a lo descrito, los objetivos que se plantean en el presente trabajo para llevar a cabo la administración de un proyecto son:

1. Aplicar las técnicas administrativas más recientes y completas para la administración del proyecto mencionado.
2. Desarrollar un paquete administrativo para computadora empleando PERT co-

mo técnica base.

3. Emplear el paquete administrativo OPTIMA en la programación y control del proyecto mencionado.
4. Comparar los resultados obtenidos por el paquete administrativo OPTIMA y el desarrollado.

El trabajo contempla la siguiente distribución, en base a las necesidades que requiere el proyecto mencionado.

En el capítulo 1 se dan los antecedentes que llevaron al desarrollo de dicho proyecto, dando características de las plataformas marinas y las causas que dieron vida a éste. El capítulo 2 menciona brevemente algunas técnicas administrativas existentes para el manejo de proyectos, desde la planeación hasta el control del mismo. El desarrollo del proyecto, con la estructuración que debe llevar desde su inicio, los documentos que se generan para conocer la vida del proyecto y la utilidad que representan, tanto para el jefe o administrador del proyecto, como para el cliente y especialidades involucradas en el desarrollo del mismo, se marcan en el capítulo 3. El capítulo 4 muestra las conclusiones del trabajo.

Además se incluyen 4 apéndices; en el apéndice A se presentan las técnicas administrativas empleadas en forma de algoritmos. El apéndice B muestra la base estadística que conforma al método PERT, el apéndice C contiene las principales características del paquete OPTIMA y del desarrollado. Finalmente, el apéndice D muestra los resultados obtenidos vía computadora.

CAPITULO I  
ANTECEDENTES

## I. ANTECEDENTES.

El descubrimiento de mantos petrolíferos en La Sonda de Campeche, ha dado como resultado la colocación de diversos arreglos de plataformas marinas llamadas complejos (22), así como los diferentes acomodos de líneas submarinas y la disposición en las plataformas de enlace de diferentes ductos ascendentes. Uno de esos ductos son los conocidos como oleoductos (22) por los que se transporta crudo a tierra, o hacia alguna plataforma o sección del complejo. En particular el complejo de 'AKAL-C', - localizado en el Sonda de Campeche con coordenadas N-19°25' y W-92°00', consta de: una plataforma de enlace; una de compresión; una de perforación; tres de producción; dos de tipo temporal y una de tipo permanente; y otras plataformas adyacentes como las de inyección de agua, la habitacional, tratamiento de agua y la de rebombeo (22). Figuras 1.1 y 1.2.

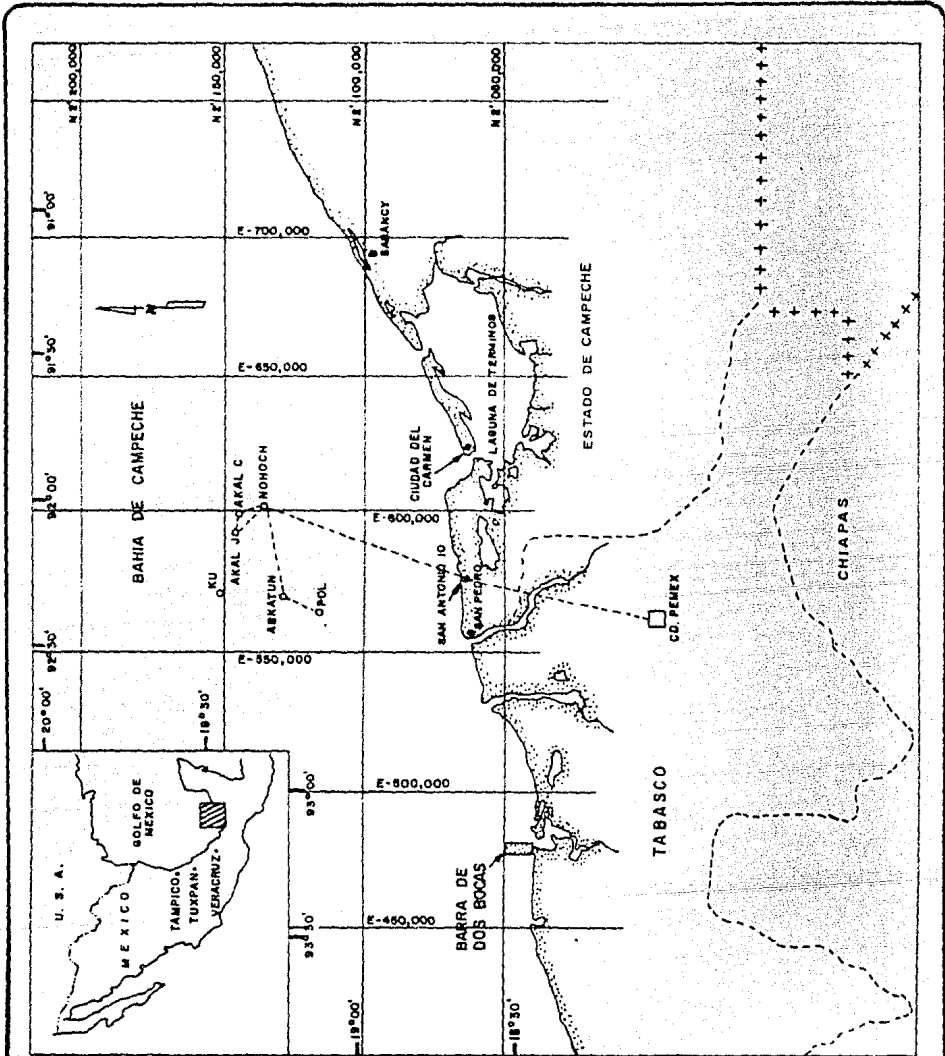
Con el fin de tener una idea más clara respecto a cada una de las plataformas que forman el complejo, se describen las funciones de cada una de ellas. (22).

### Plataforma de Enlace

Las principales funciones de esta plataforma son las siguientes:

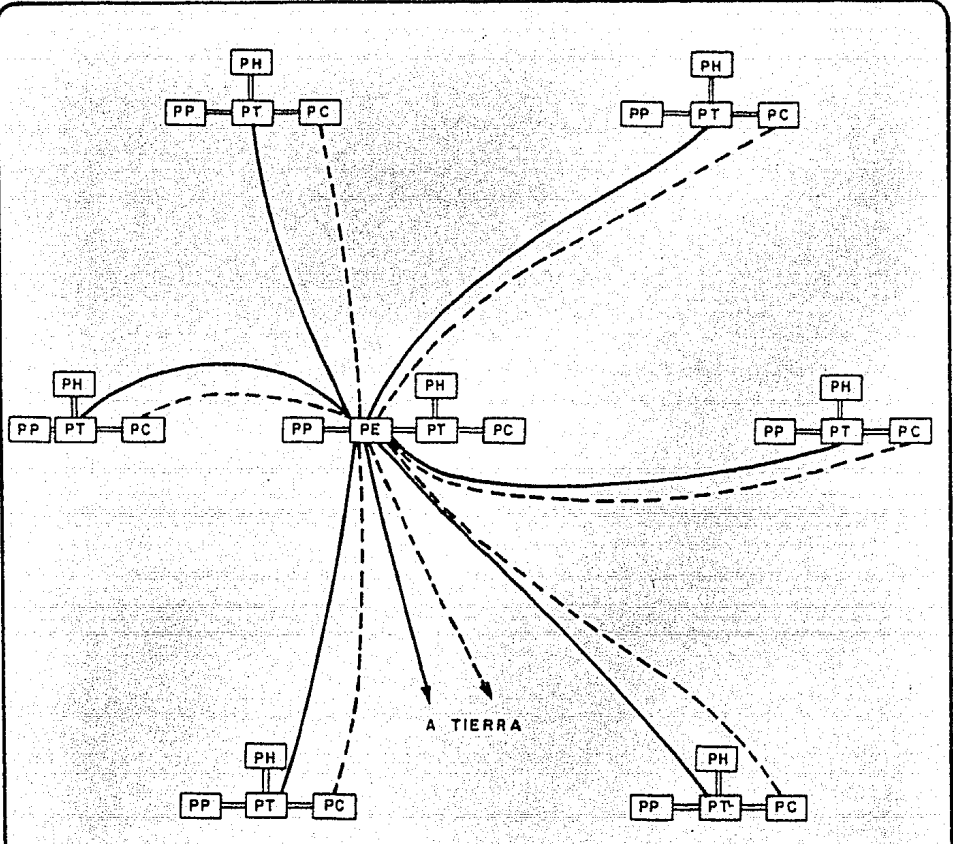
- Recepción de la mezcla gas-aceite de la plataforma de perforación.
- Recepción de gas y aceite, productos de complejos periféricos.
- Recepción de aceite estabilizado y gas deshidratado de las plataformas de producción y compresión respectivamente.





LOCALIZACION DE LOS CAMPOS EN LA SONDA DE CAMPECHE

UNAM	ENEP ZARAGOZA
	INGENIERIA QUIMICA
TESIS PROFESIONAL	
FIG. 1.1	
Lydia Jimenez Gonzalez	Dibujo No: 01
Joaquin Alfonso Montoya Delgadillo	Fecha: 15-03-85



- PC PLATAFORMA DE COMPRESION
- PE PLATAFORMA DE ENLACE
- PH PLATAFORMA HABITACIONAL
- PP PLATAFORMA DE PERFORACION
- PT PLATAFORMA DE PRODUCCION TEMPRANA
- OLEODUCTO
- - - GASODUCTO

ARREGLO TIPICO DE UN COMPLEJO DE PLATAFORMAS EN UN CAMPO DE EXPLOTACION

UNAM		ENEP ZARAGOZA	
		INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL			
FIG. 1. 2			
Lydia Jiménez González		Dibujo No: 02	
Joaquín Alfonso Montoya Delgadillo		Fecha: 15-03-85	

- Envío de aceite estabilizado y gas deshidratado a la costa.
- Distribución de gas combustible a complejos periféricos.
- Distribución de la mezcla aceite-gas a la plataforma de producción.
- Distribución de gas combustible a la plataforma de producción.
- Dispone de facilidades necesarias para efectuar corridas de diablos- (lanzadores y receptores).
- Esta plataforma consta de dos cubiertas o niveles para satisfacer es tos objetivos.

#### Plataforma de Compresión.

Las funciones de estas plataformas son las siguientes:

- Enfriamiento, rectificación, compresión y deshidratación con dietil-énglicol o trietilénglicol, del gas proveniente de la plataforma de producción, y endulzamiento con dietanolamina.
- Estabilización de condensados para integrarlos al aceite que se en-viar~~a~~ a tierra.
- Envío de gas deshidratado a la plataforma de enlace para su transpor-tación a tierra.
- Centralización de los servicios de diesel, turbosina, aceite mineral y sintético.
- Centralización del servicio de gas combustible para cuando este no - se reciba de tierra.
- Para cumplir con su objetivo, esta plataforma cuenta con tres cubier-tas.

### Plataforma de Perforación.

La función de esta plataforma es:

- Perforar y extraer el crudo de los pozos productores para enviarlo a la plataforma de producción, así como regular el flujo en éstos.
- En esta plataforma se localizan los cabezales de los pozos.

### Plataforma de Producción Temporal y Permanente.

Las funciones que cumple son:

- Separar el crudo del gas y del agua mediante una batería de separadores trifásicos.
- Bombear el crudo separado a la costa, el gas se envía a la plataforma de compresión, y el agua se somete a tratamiento para poder enviarla al mar.
- La plataforma de producción permanente cumple, además de las funciones anteriores, la centralización de los servicios de tratamiento de agua aceitosa, gas inerte, generación de energía eléctrica y tratamiento de agua de mar para enfriamiento.
- Para satisfacer estas funciones las plataformas constan de dos cubiertas.

### Plataforma Habitacional.

Las principales funciones son:

- Proveer habitación y medios de subsistencia al personal.
- Proporcionar las facilidades requeridas para transportación del personal (helipuerto).

- Centralización de los servicios de potabilización de agua, telecomunicaciones y S.C.A.D.A. \*
- Cuenta con comedor, dormitorios, baños, cocina, biblioteca. etc.

Existen otras plataformas que sirven de apoyo a las anteriores y son las de tratamiento de agua, inyección de agua y la de rebombeo.

Las plataformas de tratamiento de agua e inyección de agua tienen las funciones de acondicionar y bombear a alta presión el agua de mar que se inyectará a los yacimientos, con el fin de aumentar la recuperación de hidrocarburos y mantener una alta productividad en los pozos. La plataforma de rebombeo tiene la función de aumentar la capacidad de transmisión de crudo de un oleoducto ya instalado.

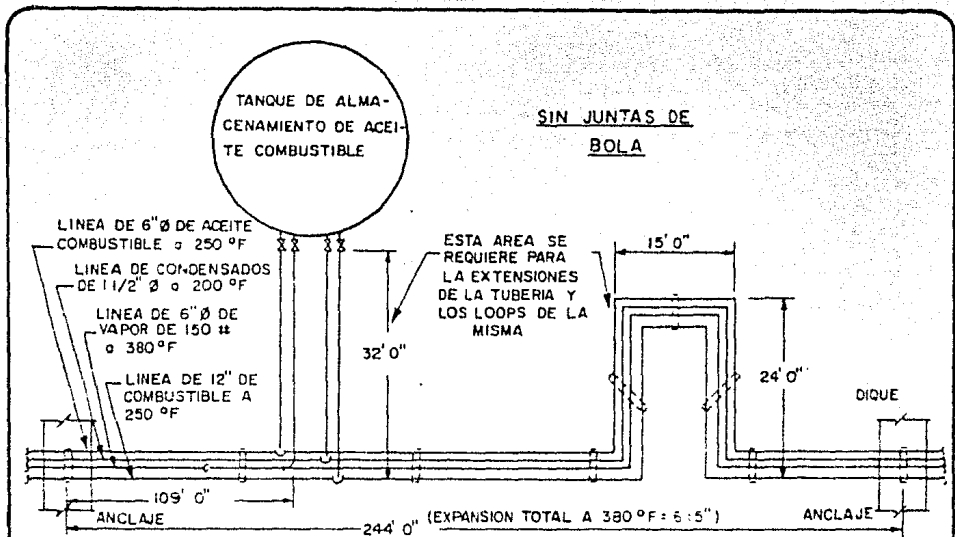
El complejo incluye fundamentalmente una plataforma de enlace separada a 100-m de las de producción y perforación, que dispondrá de un número adecuado de ductos ascendentes para la recolección de las producciones de otros complejos e integrar estas producciones en los ductos principales (22). Estos ductos son periódicamente inspeccionados para prevenir las deformaciones que pueda sufrir, ya sea por las corrientes submarinas o por el manejo de los diferentes productos que circulan por ellas.

Como resultado de la inspección submarina efectuada en los meses de agosto a diciembre de 1980, en la plataforma de enlace del complejo "Akai C" (22), la \* (Supervisory Control and Data Acquisition).- (Control Supervisorio y Adquisición de datos).

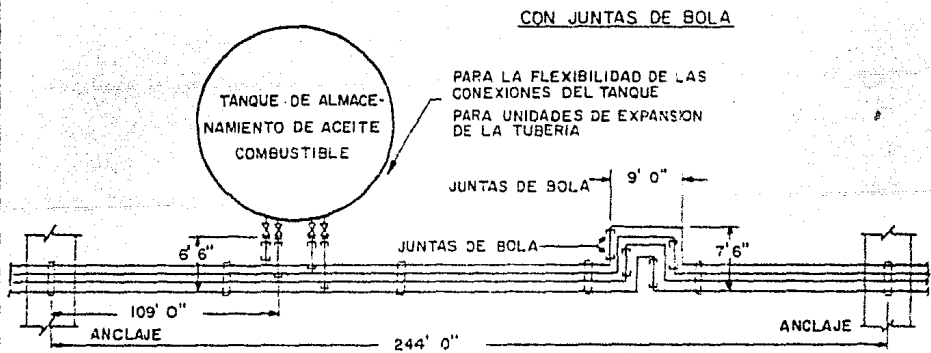
compañía designada reportó que el ducto ascendente y la curva de expansión -- del oleoducto de 36", a Dos Bocas, parecía estar deformado plásticamente en -- un punto entre el primer codo y la curva de expansión y el ducto. Figura - - 1.3.

Por tales razones se realizó la petición para desarrollar los procedimientos de reparación necesarios y la revisión se hará en base al reporte efectuado - por la compañía encargada del estudio inicial.

La curva de expansión mencionada es una de las clases de curvas que existen, - formada por cambios en la dirección de la tubería, además de éstas, existen - otros dispositivos que cumplen el mismo objetivo; este objetivo es minimizar - fuerzas, momentos y niveles de esfuerzos en sistemas de tuberías las cuales - soportan cambios dimensionales durante la operación. Una junta o curva de ex - pansion es un dispositivo que permitirá el movimiento relativo de dos puntos - en una línea de tubería continua, de un lado a otro. Figura 1.4.



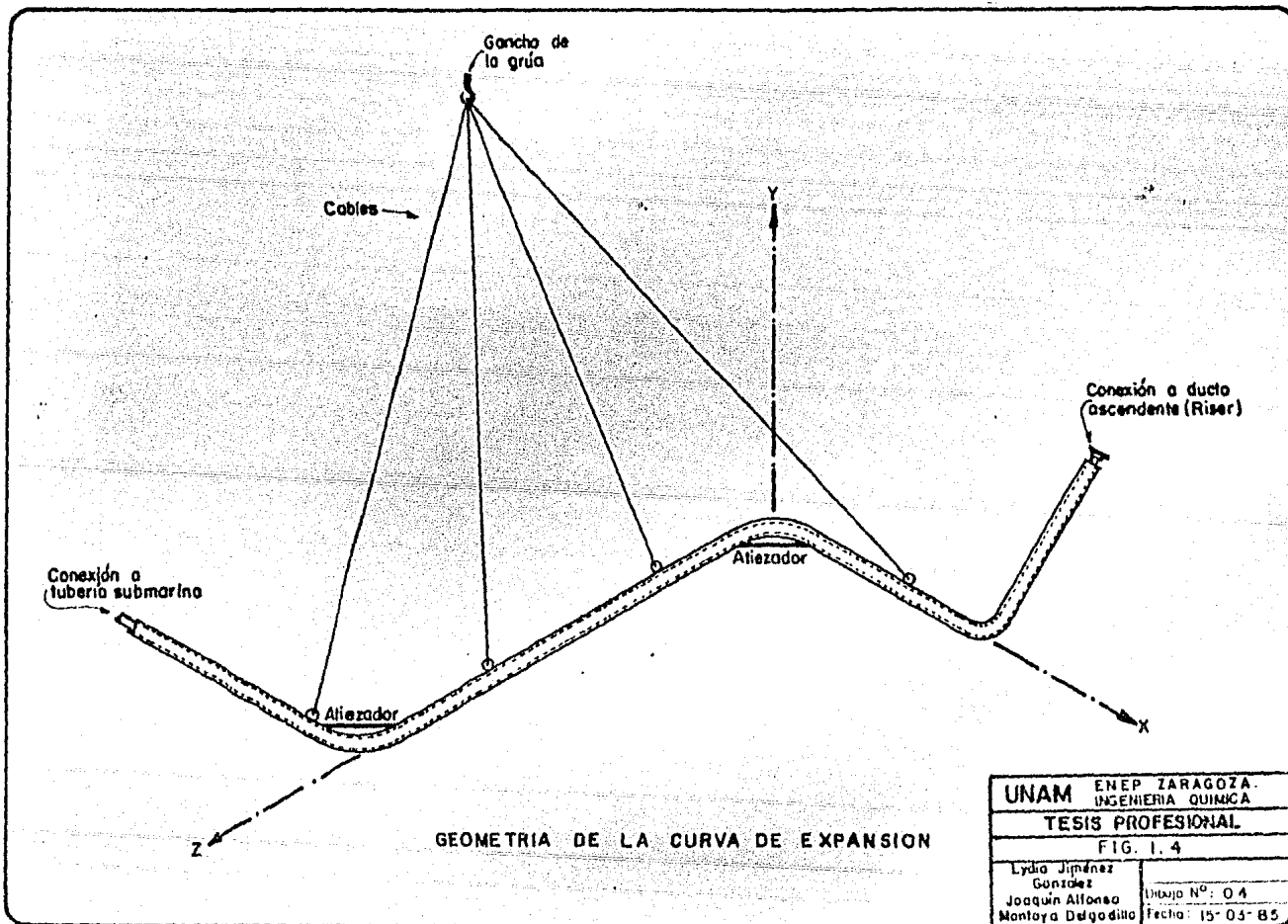
VISTA DE LAS INSTALACIONES DEL TANQUE QUE EMPLEAN LOOPS DE TUBERIA PARA FLEXIBILIDAD.



VISTA DE LAS MISMAS INTALACIONES PERÓ CON JUNTAS DE BOLA PARA LA FLEXIBILIDAD DE LA TUBERIA

ARREGLOS DE INSTALACION DE TUBERIA CON Y SIN JUNTAS DE EXPANSION

UNAM	ENEP ZARAGOZA
	INGENIERIA QUIMICA
TESIS PROFESIONAL	
FIG. 1.3	
Lydia Jiménez González	Dibujo No. 03
Joaquín Alfonso Montoya Delgado	Fecha. 15-03-85





CAPITULO II

GENERALIDADES

## II. GENERALIDADES.

### 2.1 Conceptos de Administración de Proyectos.

La introducción de la Administración a un Proyecto implica diversos tipos de cambios:

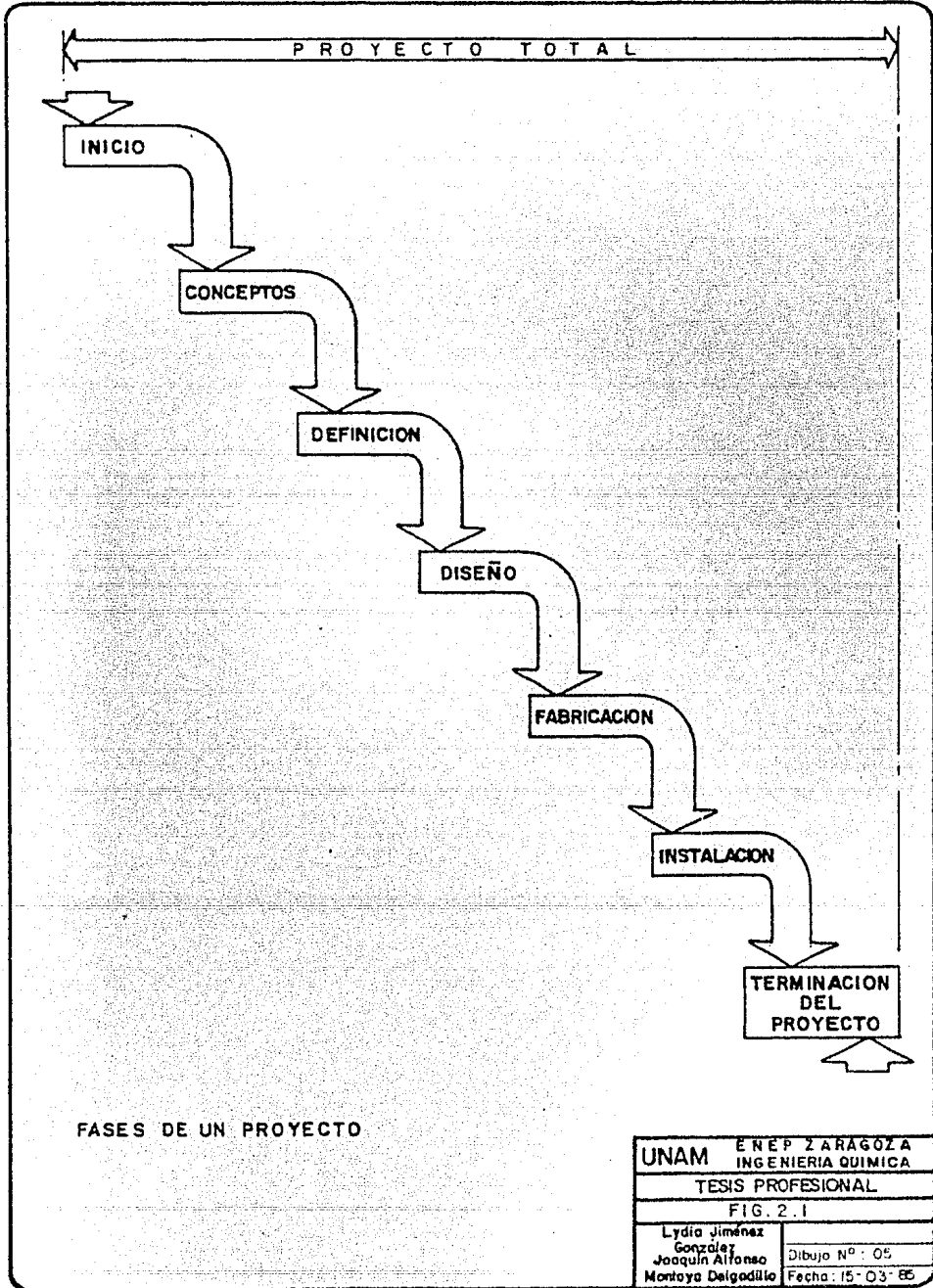
- a) Da origen a un dirigente poderoso cuyo equipo estará orientado a obtener las metas que el programa estipule.
- b) Da como resultado un nuevo proceso de toma de decisiones.
- c) Crea relaciones interpersonales y nuevas interfases organizacionales.

Al organizar y administrar un proyecto resulta útil definir las fases en que esto sucede (30), figura 2.1. Esto ayuda a asegurar que se tomen todas las decisiones convenientes, y que los recursos se distribuyan de tal forma que se pueda continuar con las etapas subsecuentes. Asimismo, se logra un marco de referencia para que se lleven a cabo una serie de revisiones profundas y meticulosas, de tal suerte que se le conceda a la administración la oportunidad de redirigir la tarea o de tomar las medidas correctivas necesarias.

Un enfoque útil de la forma en la cual se desarrolla la administración de proyectos, para que su ejecución sea ordenada, es la siguiente, figura 2.2:

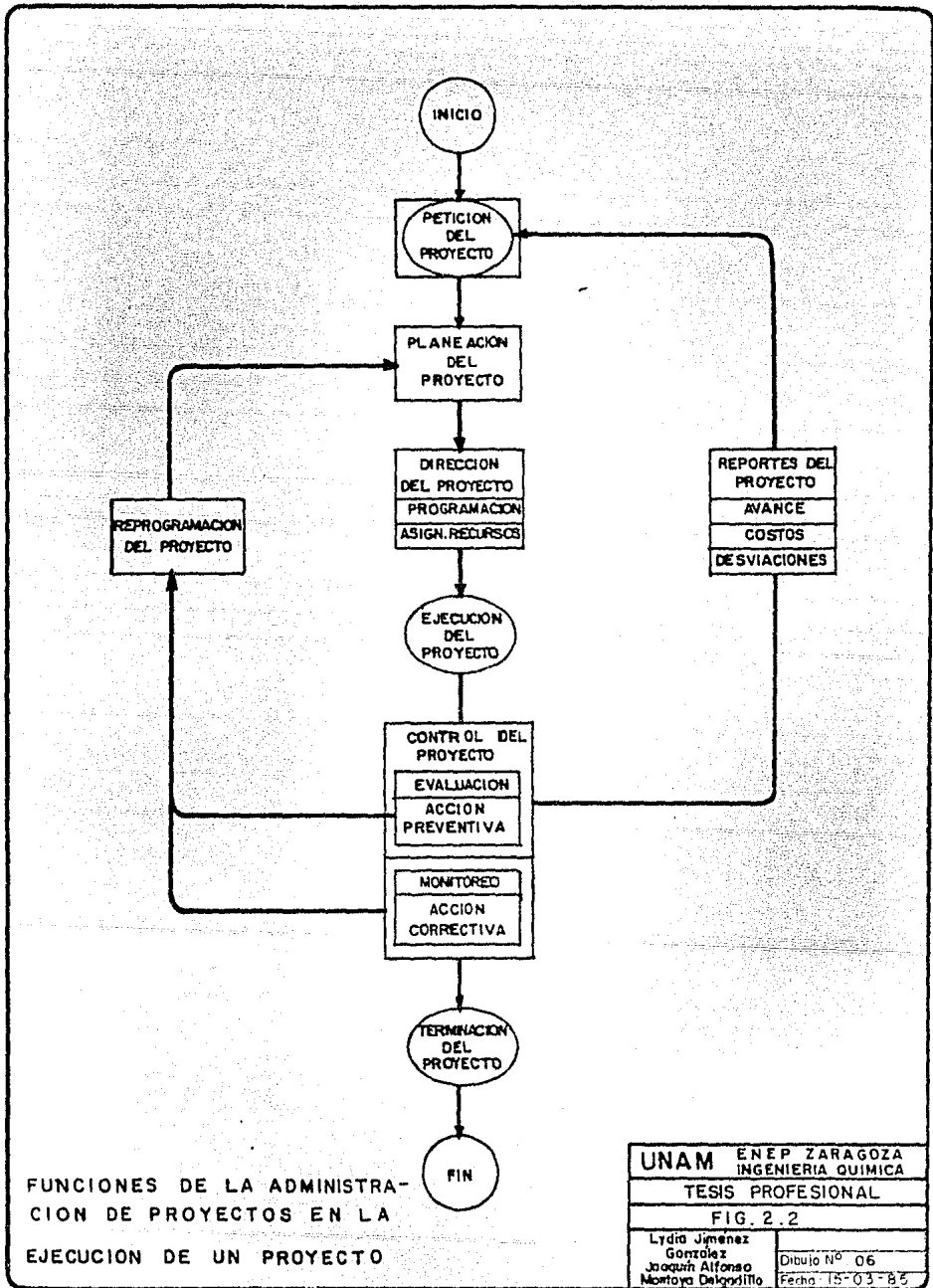
#### Planeación o Planificación del Proyecto.

La planeación es necesaria para lograr el éxito del proyecto-



FASES DE UN PROYECTO

UNAM	ENEP ZARAGOZA
	INGENIERIA QUIMICA
TESIS PROFESIONAL	
FIG. 2.1	
Lydia Jiménez González	Dibujo N°: 05
Joaquín Alfonso Montoya Delgado	Fecha: 15-03-85



FUNCIONES DE LA ADMINISTRACION DE PROYECTOS EN LA EJECUCION DE UN PROYECTO

UNAM		ENEP ZARAGOZA	
		INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL			
FIG. 2.2			
Lydia Jimenez	Gonzalez	Dibujo N° 06	
Josquin Alfonso	Martaya Delgado	Fecha: 15-03-85	

con la mayor eficiencia posible. El proceso de planeación -- puede describirse como:

a) Da respuestas a preguntas tales como:

¿Cuáles son los objetivos exactos del proyecto?

¿Qué criterios están relacionados con la toma de decisiones?

¿Cuáles son las restricciones limitantes?

b) Definición de las tareas a realizar.

c) La elaboración de los planes encaminados a la ejecución - del proyecto.

d) Creación del diagrama de flechas o red que da el modelo - específico del proyecto.

#### Dirección del Proyecto.

Con los planos obtenidos se definirán:

1. Programación del proyecto, cuyo proceso es:

a) Respuestas a preguntas como:

¿Cuándo se va a hacer?

¿Cuánto tiempo va a consumir?

b) Definición del nivel de presentación de los programas - obtenidos.

c) Informar a los especialistas que intervienen, las fe-- chas límite que tienen para terminar el proyecto sin - influir en el presupuesto con el que se cuenta.

d) Elaboración de los programas que ayudarán a la ejecu--

ción del proyecto.

## 2. Asignación de Recursos.

Para efectuar cada tarea o actividad del proyecto de acuerdo a un plan y a un programa establecidos:

- a) Se definirá cuales son las especialidades necesarias, es decir, que tipo de recursos se van a emplear, y
- b) La cantidad de horas-hombre a consumir, por especialidad.

### Ejecución del Proyecto. \*

Es la realización del proyecto, de acuerdo a los tiempos establecidos, al presupuesto y en concordancia con las definiciones y especificaciones preestablecidas.

### Control del Proyecto.

Es la comparación de las condiciones existentes y los resultados actuales (progresos) con los planes y los programas establecidos, mediante la utilización juiciosa de algún método de control y la realización de análisis formales de la información de los sistemas de control, así como determinaciones informales -- efectuadas por los miembros del equipo.

\* La ejecución del proyecto no se contempla como una herramienta administrativa, y por tal razón, no se menciona en este trabajo.

### Reprogramaciones.

Estas pueden deberse a dos causas:

- a) Por cambios en el Alcance del proyecto.
- b) Como resultado de la fase de Análisis y Control.

Lo que se pretende con la reprogramación, es lograr corregir - las divergencias existentes en la planeación original.

### Información del Proyecto.

El director del proyecto es responsable de informar a las personas interesadas, sobre los adelantos realizados, con el propósito de que la información referente al proyecto sea uniforme y común, ya que ésta es considerada como un elemento positivo y de gran valor, que describe el éxito del proyecto, promueve un mejor entendimiento y ayuda a resolver los problemas que surjan durante la planeación.

## 2.2 Planeación de un Proyecto.

La planeación es el plan de acción para lograr un objetivo establecido, es decir, la serie de pasos a seguir, así como la descripción del estado que se quiere alcanzar.

Consiste en un análisis de la estructura del objetivo, esto es, descomponerlo en una serie o lista de actividades, las cuales hay que ordenar, estableciendo la interrelación que guardan cada una de ellas; esto podrá conducir a diferentes estra

tegrías de solución (Planeación Estratégica), de las cuales hay que analizar ventajas y desventajas para escoger la mejor que ayude a alcanzar el objetivo u objetivos fijados (30).

Se deberá tomar en cuenta también la duración estimada para cada una de las actividades a realizar, los recursos con que cuentan, así como la selección de la fecha de terminación del proyecto (Planeación de Operaciones). (30).

En muchas ocasiones el número de actividades que llegan a manejarse alcanzan un número muy grande como para ordenarlas a primera vista, por lo que es necesario el uso de algún método para alcanzar el objetivo, habitualmente se emplea el método de planificación de redes, usando las técnicas CPM, PERT, PDM, -- (33).

Resumiendo, se puede decir que la planeación debe contestar -- las preguntas: ¿Qué se va a hacer? y ¿Cómo se va a hacer?.

### 2.2.1 Planeación Estratégica.

#### A) Definición del Objetivo.

Para poder planificar adecuadamente, lo primero es definir con claridad el objetivo u objetivos que se persiguen.

Esta definición debe comprender una descripción detallada de todo lo que se necesita obtener, expresada en unidades



cuantitativas, de modo que la persona que asuma la responsabilidad para alcanzarlo sepa cuales son los requisitos que deben cumplirse y, además, la persona a quien se le va a entregar el resultado sepa lo que va a recibir.

B) Lista de Actividades.

Una vez que el objetivo se ha comprendido claramente, es necesario establecer cuales son las actividades que deben ejecutarse para lograrlo.

Esta información se obtiene habitualmente de las personas que intervendrán en la ejecución del proyecto de acuerdo con la asignación de responsabilidades al momento de la definición del proyecto. No es necesario que las actividades se enlisten en orden de ejecución, pero es conveniente hacerlo, ya que así se evita la omisión de algunas de ellas.

En este momento no es necesario indicar la cantidad de trabajo, ni los recursos necesarios para ejecutarlos, es suficiente el nombrar a las actividades.

Es conveniente que las actividades se numeren progresivamente para su identificación y algunas veces pueden denominarse por alguna clave, esto sucede cuando intervienen diferentes especialidades en una misma tarea, para poder di-

ferenciarlas.

Las actividades pueden ser motrices o intelectuales (estudios, construcciones, trámites, inspecciones, dibujos, -- cálculos, montajes, etc.). El grado de detalle de las actividades dependerá de la necesidad de control dentro del proyecto.

Cada actividad debe tener un inicio, una acción a cumplir y un término perfectamente definidos.

Existen dos procedimientos alternativos para determinar las actividades a cumplir, es decir, cual va antes o después de otra.

- 1) Examinar las tareas a realizar a partir del objetivo y de ahí, ir retrocediendo, preguntándose:  
¿Qué debe hacerse para que este suceso se cumpla?
- 2) Examinar el proyecto desde su inicio, en cuyo caso la pregunta será:  
¿Qué puede hacerse una vez que se ha cumplido este suceso?.

El resultado de este examen será la anotación de las actividades que se vayan individualizando, en una Lista de Actividades.

Lo importante de la lista de actividades es que se incluya a todas las que sean necesarias para alcanzar el objetivo planteado. Además sirve de base a las personas de cada especialidad para que elaboren sus presupuestos de ejecución, indicando la cantidad de horas-hombre necesarias, cantidad de material, especificaciones, mano de obra, equipo, herramientas o equipos especiales, condiciones de trabajo, costos, métodos de ejecución, etc.

C) Matriz de Secuencias.

En base a la lista de actividades, corresponde establecer cual es el orden de sucedencia o precedencia obligado entre ellas, así como las que pueden ejecutarse paralelamente. -- Por lo que se pueden seguir cualesquiera de los caminos planteados en el punto anterior, pero ahora los resultados serán registrados en forma de matriz.

La matriz consiste en un listado en forma horizontal y vertical de todas las actividades que conforman el proyecto de manera que a cada actividad corresponda un solo renglón y una sola columna, es decir, si el número de actividades es "n", la matriz tendrá "n" renglones y "n" columnas y por lo tanto "n" por "n" casilleros. Figura 3.1

Para llenar esta matriz se tiene que resolver el interroga-

torio:

- i) ¿Qué actividades deben hacerse antes de ésta, parcial o totalmente?
- ii) ¿Cuáles deben seguir a esta? ¿Debe estar completamente terminada?
- iii) ¿Cuáles actividades pueden ejecutarse simultáneamente a ésta?

Así también, es importante tomar en cuenta la respuesta a otras cuestiones como:

- i) ¿Son suficientes los recursos? ¿Cuándo llegarán?
- ii) ¿Se tiene la información adecuada o cuando llegará?
- iii) ¿Tiene esta actividad restricciones de ejecución de tipo administrativo (estratégicas, políticas) o de seguridad? ¿Existe la disponibilidad de áreas de trabajo, mano de obra o preparación?

De esta forma se pueden mencionar a manera de reglas, los siguientes puntos.

1. Se recorre el renglón revisando las columnas de la matriz, colocando una marca en los casilleros de las columnas que corresponden a las actividades que pueden realizarse inmediatamente después.
2. Se recorre la columna examinando los renglones de la matriz, marcando los casilleros de los renglones que corresponden a las actividades que deben ejecutarse in

mediatamente antes.

La aplicación de las reglas anteriores puede hacerse - en cualquier orden. En ocasiones es más sencillo definir cuales son las actividades inmediatamente posteriores a una actividad, que definir cuales son las actividades inmediatas anteriores a ella o viceversa.

Una vez formada la matriz, puede revisarse aplicando - las reglas anteriores y determinando si no hay restricciones en el orden de ejecución de las diferentes actividades que constituyen el proyecto total.

### 2.2.2 Planeación de Operaciones.

Una vez que se han cumplido las dos etapas de la planeación - estratégica, es decir, cuando se cuente con la lista de actividades que forman el proyecto, así como la secuencia de ejecución de dichas actividades, corresponde iniciar la Planeación de Operaciones, esto es, crear el modelo del proyecto -- (30), el cual represente gráficamente la lógica que debe seguir el proyecto (30).

Es aquí donde es necesario emplear el método de planificación de redes, por lo que será necesario definir algunos conceptos básicos:

Proyecto. Es un conjunto de acciones a realizar para cum

plir un objetivo bien definido. Las cuales deben ejecutarse de acuerdo a un tiempo y recursos preestablecidos.

Actividad  
o Arco.

Es la medida o unidad de trabajo del proyecto que consume tiempo, aún cuando emplea recursos, la característica de la actividad es el tiempo que consume. Su representación es por medio de una flecha, en donde la cola indica el inicio y la punta el fin.

 Actividad o Arco.

En la representación gráfica no interesa la longitud de la flecha, tampoco la forma de línea (recta, quebrada o curva), ni la dirección en que se dibuja. Sólo importa el sentido, es decir, el inicio y el fin.

Evento,  
Suceso  
o nodo.

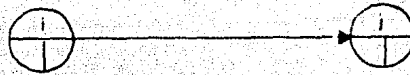
Es un punto determinado en el tiempo en el cual se han cumplido todos los requisitos para que una actividad inicie, o para que una actividad termine, y como tal no consume tiempo. Los eventos se representan generalmente por una circunferencia.



Evento, suceso o nodo.

De lo anterior se desprende que cada actividad

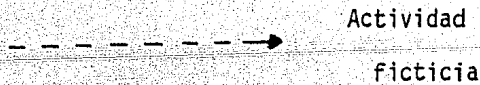
debe dibujarse entre dos eventos llamados inicial y final de cada actividad. Generalmente el evento inicial se denota por 'i' y al final por 'j', de la siguiente forma.



**Actividad ficticia.**

Es una relación de secuencias obligada entre dos eventos. Como es un requisito que debe estar cumplido, la actividad ficticia no consume tiempo, como tampoco emplea recursos.

Generalmente se denota por una flecha punteada (o trazo discontinuo), donde la cola indica el requisito previo que debe estar cumplido y la punta indica el evento que necesita que ese requisito está cumplido.



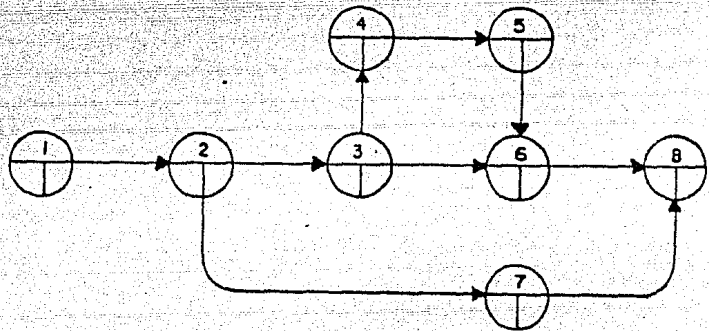
La actividad ficticia también debe estar siempre entre dos eventos i,j.

**Red.**

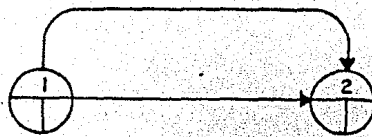
Es el modelo de un proyecto, constituido por un conjunto de eventos ligados por actividades. Representa las relaciones tecnológicas u operativas entre las diferentes actividades que componen el proyecto.

Principios básicos que se deben tomar en cuenta para construir una red:

- 1) Toda red tiene un solo evento inicial y un solo evento final.
- 2) Toda actividad se representa solo por una flecha.
- 3) Excepto el evento inicial y el final, todos los demás eventos de la red deben estar relacionados, a lo menos, con -- una actividad que termine en él y con una que inicie en -- él.



- 4) Para evitar ambigüedades, entre un par dado de eventos no puede haber más de una flecha que los conecte directamente. Este principio es una restricción para poder individualizar cada actividad.



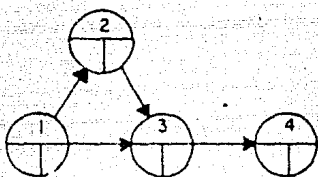
Incorrecto

Si en realidad hay dos actividades que se pueden o deben -



desarrollarse paralelamente entre dos eventos, el método obliga a que se introduzca un evento adicional, ya sea como inicial o final de una de ellas. El nuevo evento se debe unir al correspondiente de la otra actividad, -- por medio de una actividad ficticia.

- 5) No se puede iniciar una actividad hasta que no se ha cumplido su evento inicial, es decir, hasta que no se han terminado todas las actividades que tienen su término o fin en ese evento.



La actividad (3,4) no podrá iniciar hasta que hayan terminado las actividades (1,2), (1,3) y la actividad (2,3).

- 6) Los eventos, en la red se numeran de tal manera que todas las flechas, incluso las punteadas, conecten siempre un evento de numeración inferior con otro de numeración superior.
- 7) En la red no pueden existir circuitos cerrados porque -- ello indicaría que se ha iniciado una actividad sin que se hayan terminado todas las que le preceden.

### Construcción de la Red de un Proyecto.

(Red orientada a actividades)

Para construir la red que represente el plan de un proyecto, es conveniente, aunque no necesario, disponer de la matriz -

de secuencias. Si no se cuenta con ella, la red puede construirse como sigue:

1. Se traza una flecha por cada actividad del proyecto. Esto se hace considerando, para cada flecha, tres preguntas:
  - a) ¿Qué actividad antecede a esta actividad?
  - b) ¿Qué actividad es posterior a ésta?
  - c) ¿Qué actividades son paralelas a ésta?Se coloca sobre dicha flecha el nombre, designación o clave de la actividad.
2. Se acostumbra iniciar cada red con una flecha (actividad) llamada "tiempo de iniciación".
3. Las uniones de las flechas, llamadas "eventos", existen al principio y al final de cada trabajo o actividad.
4. Se procede a numerar a los eventos de tal manera que el número de la punta sea mayor que el número de su cola. Los números no necesitan ser consecutivos ni tampoco es necesario iniciar con la unidad.
5. Las actividades ficticias se introducen cuando es necesario mantener la lógica de la red, o el sistema de numeración.

Quando la red se ha terminado y se han numerado todos los eventos, cada actividad puede ser representada por los números de los eventos entre los que está situada.

Si se dispone de la matriz de secuencias, la red se construye de la forma siguiente:

1. Se traza una flecha por cada actividad del proyecto y se coloca el nombre o designación de la actividad sobre ella.
2. Se lee el renglón correspondiente a la actividad cuya flecha ha sido trazada. Los enunciados de las columnas a que pertenecen los casilleros marcados, son las actividades que pueden seguir inmediatamente a la actividad en cuestión.
3. Se lee la columna correspondiente a la actividad cuya flecha ha sido trazada. Los enunciados de los renglones a que pertenecen los casilleros marcados, son las actividades que deben preceder a la actividad en cuestión.
4. Se aplican los dos enunciados anteriores para trazar las flechas que representarán a las actividades precedentes o siguientes a la actividad cuya flecha ha sido trazada.
5. Se comprueba la secuencia aplicando los incisos 2 y 3 para la actividad que sea analizada. Si las secuencias están correctamente establecidas, se continúa con la construcción de la red.
6. Se numeran los eventos de la red, de tal manera que el número de la punta sea menor que el de su cola.
7. Se introducen actividades ficticias cuando sea necesario - mantener la lógica de la red, y/o la numeración de los eventos.

Ya que se cuenta con el modelo que describe al proyecto globalmente, es importante indicar los lineamientos que se tomarán en cuenta para determinar el grado de detalle de la red de actividades, como pueden ser las siguientes:

- a) Propósito de la red.
- b) Cantidad y calidad de la información disponible.
- c) Nivel organizacional que la utilizará:
  - gerencial
  - jefe de proyecto o director del proyecto
  - especialistas o personas que ejecutarán el proyecto
- d) Grado de desglose de las actividades.
- e) Grado de control deseado.

Así pues, el diseño primario de la red es un diagrama lógico que representa la planeación racional del proyecto sobre la base de las interdependencias naturales de las diferentes actividades.

### 2.3 Programación de un Proyecto.

Una vez que se obtiene el plan del proyecto, hay que ubicarlo en el tiempo, contemplando un inicio y un fin con fechas definidas, asimismo, la duración de cada una de las actividades -- identificadas, para asegurar su integración encaminada a cumplir el objetivo. Esta ubicación en el tiempo es lo que se -- llama programación, que tiene la misión de responder a la pre-

gunta ¿cuándo se va a hacer? (33).

La programación inicial determina las órdenes de acción de acuerdo al plan definido. Si en la ejecución aparecen variaciones, habrá que analizar la causa de las mismas para adoptar las decisiones correctivas que vuelvan al programa original, o a la mejor de las alternativas que surjan. (30).

La programación se hace necesaria porque permite advertir oportunamente si ha ocurrido alguna desviación del plan original, lo cual es más difícil advertir si el problema no tiene un nivel de desglose y precisión adecuado. Por esto, las decisiones correctivas serán mucho más eficientes, ya que permite ver el efecto que tendrá la decisión elegida en el conjunto de las actividades que no se han realizado. (33).

Las técnicas de programación que se adopten deben permitir la comparación entre lo programado y lo ejecutado o real, --mostrando sus efectos, para tomar las decisiones necesarias con oportunidad y bien informadas.

Por otra parte, si llegara a producirse un retraso en alguna de las actividades programadas, será necesario analizar si las decisiones que se tomarán afectan a otras actividades y como las afectan. Si esto llega a suceder, es decir, que al

guna actividad se vea afectada, la programación inicial no se cumplirá, por lo que será necesario ajustar las actividades - de tal modo que se tome en cuenta el estado actual y la posibilidad de cumplir el objetivo en las condiciones inicialmente estipuladas.

Es por esto, que las técnicas de programación que se adopten permitan estos ajustes (o reprogramaciones) en forma fácil y sistemática, asimismo que sean eficientes también.

Las técnicas PERT, CPM, PDM cumplen eficazmente estos requisitos y es por esto que actualmente se les considera adecuados - para la planeación, programación y control de proyectos.

Quando se han identificado todas las actividades a ejecutar para alcanzar el objetivo, se procede a designar al director del proyecto que vigilará el cumplimiento del mismo, siendo necesario analizar en detalle la forma en que cada actividad se va a ejecutar, por lo que será necesario designar al responsable -- (especialista) en la ejecución de cada actividad para que en base al plan establecido y tomando los recursos necesarios determine la duración de cada actividad (30).

### 2.3.1 Estimación de la Duración de una Actividad.

Al determinar esta duración puede ocurrir:

1. Que el responsable tenga experiencia en este tipo de trabajo, o
2. Que sea la primera vez en que el responsable tome esta decisión, y no pueda dar una estimación confiable en su duración.

En el caso de que el especialista tenga experiencia y el tipo de trabajo permita estimar un tiempo de duración para cada actividad a realizar, este es un caso determinístico (33) y se puede calcular la duración total del proyecto por el método - CPM.

Si por el contrario, no se tiene experiencia, o el tipo de actividad no permite estimar una duración que ofrezca una alta-probabilidad de cumplirse, este será un caso probabilístico - (43), por lo que la duración estimada de cada actividad se obtiene por el método PERT, en donde originalmente se pensó que un solo estimado no es práctico para el trabajo de los proyectos de Ingeniería. Por esta razón, utiliza tres estimados de tiempo:

- a) (Tiempo optimista): corresponde a la duración que podría tener la actividad si todos los elementos que la componen pudieran realizarse en el menor tiempo posible, o sea, que hay una posibilidad en veinte de que se cumpla este estimado.

- b) (Tiempo pesimista): corresponde a la duración que podría tener la actividad si cada elemento que la compone se tardara el máximo tiempo en realizarse, es decir, que hay una posibilidad en veinte de que las cosas marchen muy mal.
- m) (Tiempo más probable o "moda" de la distribución) corresponde a la duración que se estima normal para cumplir la actividad, con los recursos asignados.

Cabe aclarar que estas tres duraciones deben ser estimadas bajo la condición de emplear los mismos recursos de modo que la variación se produce por variables no controlables.

¿Quién debe dar estos tres estimados de tiempo?

Naturalmente el responsable directo que se encarga de la realización (o ejecución) de cada actividad. Cualquier otra fuente de información no será correcta, aunque solo servirá como base de comparación (33).

El método PERT asume que estos tres estimados caerán en una curva de distribución que se aproxima a una función de probabilidad Beta (33,34).

La distribución Beta nos dice que el tiempo esperado, bajo estas circunstancias, es el que tiene un 50% de probabilidad de ocurrir.



Una vez obtenidas las tres estimaciones, se calcula la estimación media del tiempo de duración ( $t_e$ )\*.

$$t_e = (a + 4m + b) / 6$$

Este tiempo medio calculado sirve para indicar la fecha de terminación de la actividad que tiene la mayor aproximación de -- acertar, por lo que es una variable aleatoria siguiendo una -- distribución probabilística.

Esta incertidumbre se puede conocer mediante un análisis estadístico. La medida adecuada de expresar la incertidumbre es -- la varianza de la distribución de probabilidades, es decir, la varianza ( $V_t$ ), que indica el riesgo de no acertar la duración-- media calculada de la actividad.

Este valor puede obtenerse por medio de la ecuación siguiente:

$$V_t = (b - a) / 3.2$$

El método PDM dependiendo del tipo de actividad, para la estimación de la duración de las actividades, tomará el que apli-- que.

Cuando se ha establecido el tipo de actividad, es decir, si requiere de una sola estimación (determinístico) o de tres estimaciones (probabilístico), el responsable de la ejecución de ca--

\* ver apéndice B.

da actividad fijará éstos, así como cuáles y cuántos son los recursos a manejar en cada una de ellas.

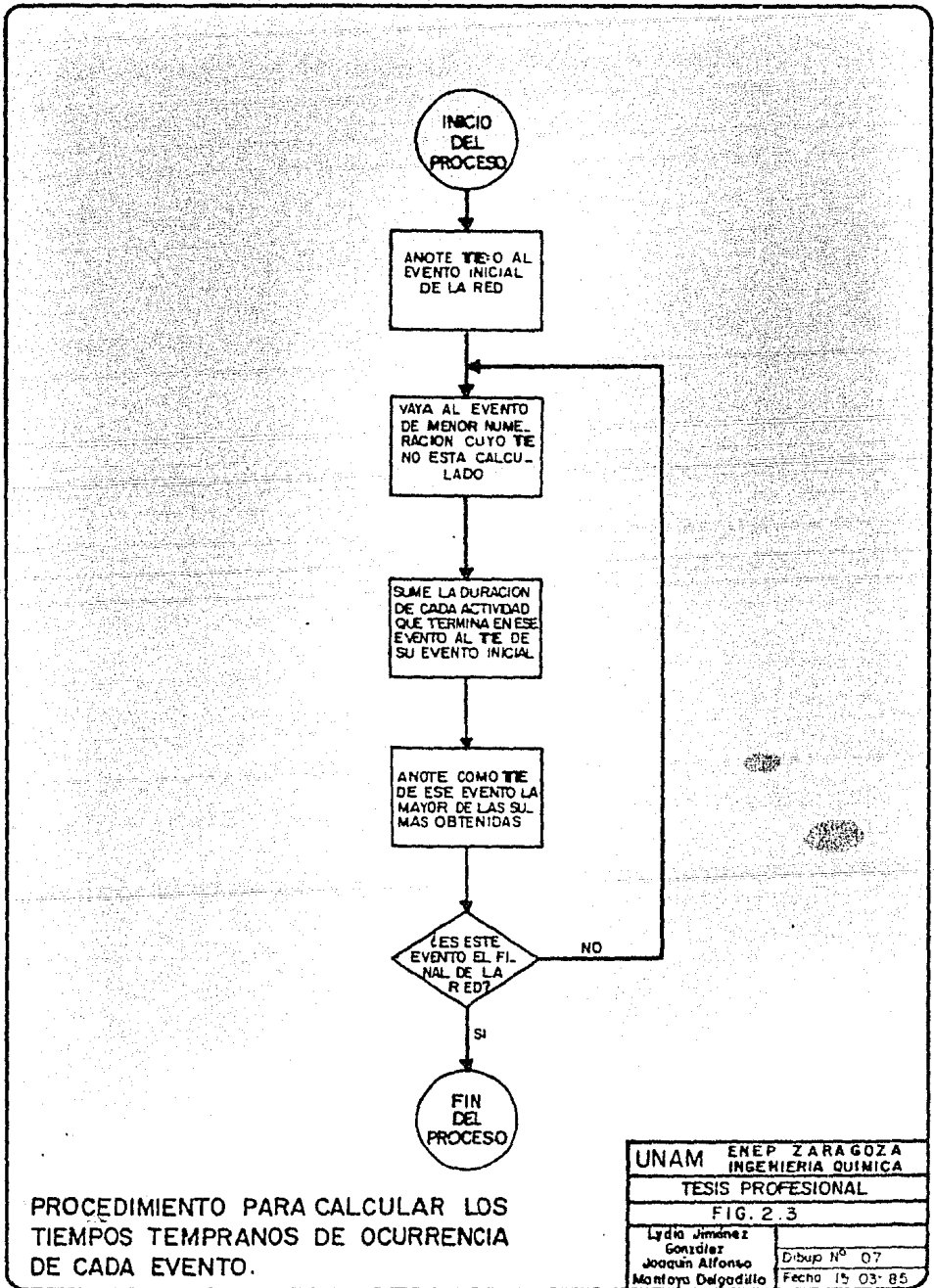
### 2.3.2 Estimación de la Duración Total del Proyecto.

Una vez que se han determinado las duraciones de cada una de las actividades, expresadas en unidades de tiempo homogéneas (todas en horas, días, semanas, etc.), se procede a calcular los tiempos de iniciación y terminación, tempranos y tardíos de cada actividad. Este cálculo es sumamente valioso, porque indica al director del proyecto, no solo cuando debe iniciarse una actividad X, sino también los casos en los cuales el retraso en el desarrollo de una tarea afecta la duración total del proyecto.

El cálculo de estas fechas es sumamente sencillo y se resume en los diagramas de flujo siguientes. Figuras 2.3 y 2.4.

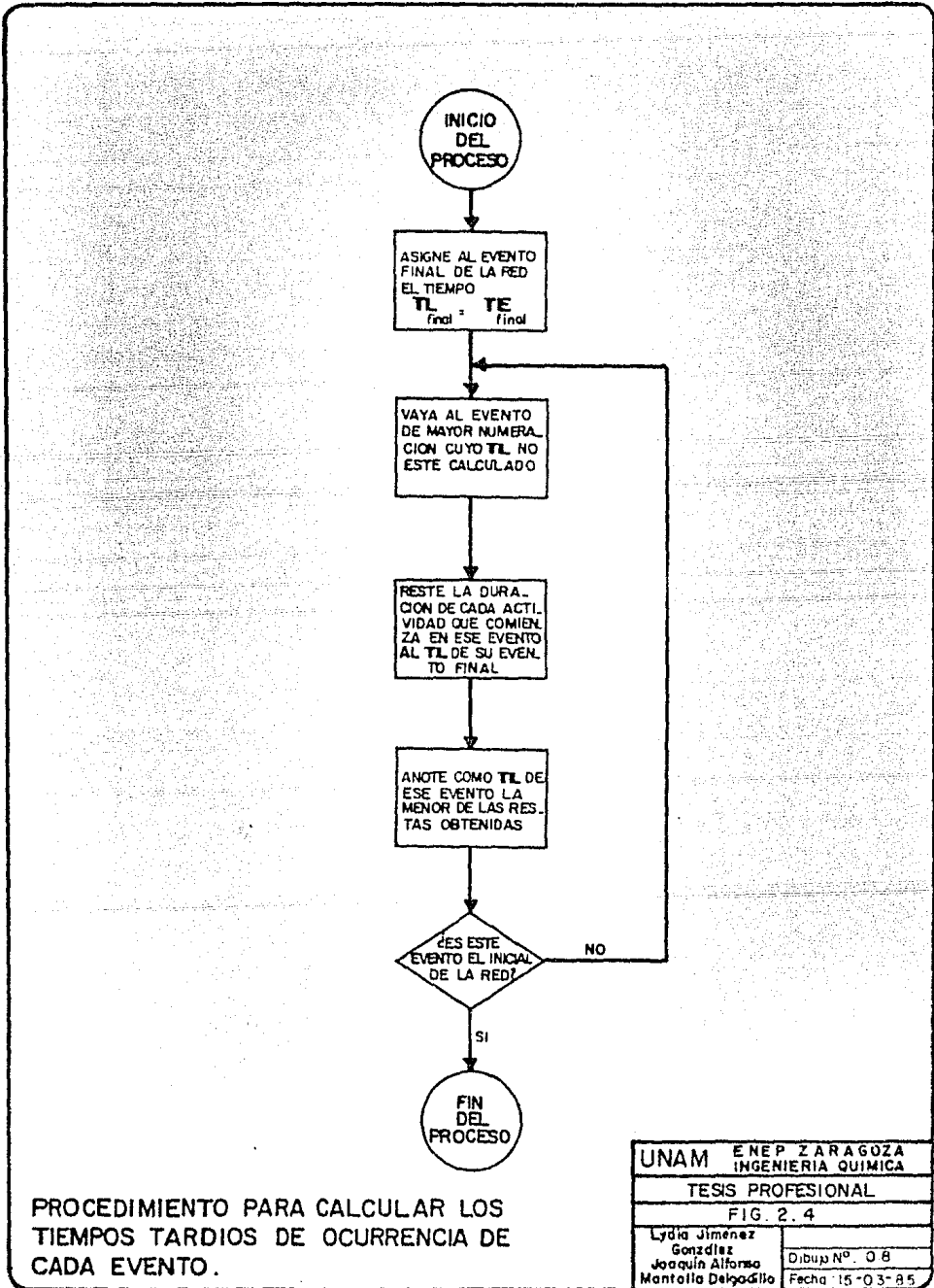
Con la información generada se está en aptitud de tomar decisiones sobre cuando es o no aconsejable realizar inversiones adicionales para que el proyecto se ejecute de acuerdo a la programación original.

Obtenidas las fechas tempranas y tardías, tanto de iniciación como de terminación, se vacían en la red del proyecto, de donde el valor de  $TE_{final} = TL_{final}$  será la estimación de la



PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR LOS TIEMPOS TEMPRANOS DE OCURRENCIA DE CADA EVENTO.

UNAM		ENEP ZARAGOZA	
		INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL			
FIG. 2.3			
Lydia Jiménez González			
Joaquín Alfonso Montoya Delgado		Dibuj N° 07	
		Fecha 15/03/85	



PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR LOS TIEMPOS TARDIOS DE OCURRENCIA DE CADA EVENTO.

UNAM ENEP ZARAGOZA	
INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL	
FIG. 2.4	
Lydia Jiménez González	Dibuj. N°. 08
Joaquín Alfonso	
Mantolilla Delgado	
Fecha: 15-03-85	

duración total del proyecto.

### 2.3.3 Determinación de la Ruta Crítica.

El paso siguiente es establecer la criticabilidad de las actividades, es decir, la posibilidad de retrasar o adelantar alguna de ellas. Cuando esta posibilidad no afecta al proyecto (tiempo de terminación), a las actividades se les llama, actividades no críticas, pero si de alguna forma el retraso de -- una actividad afecta al total del proyecto, se llaman actividades críticas, y a la cadena de ellas se le conoce como ruta crítica del proyecto. La ruta crítica es la duración más larga a través del proyecto. Existe por lo menos una ruta crítica en un proyecto. (30,33).

A la libertad que tiene una actividad para alargar o retrasar su duración se llama margen u holgura de tiempo. Por lo que se puede definir a la Ruta Crítica como:

La cadena en la cual las actividades que la forman no tienen margen u holgura de tiempo para retrasar su inicio y/o terminación.

Para el director del proyecto es muy importante vigilar estrechamente las actividades críticas, ya que si alguna de ellas se retrasa, retrasará al proyecto. Al mismo tiempo, se debe vigilar a las actividades no críticas ya que a pesar de tener

un margen de tiempo para la ejecución de una tarea, esta tiene un límite. Si por alguna causa lo excede, se convierte en crítica. Por esto es conveniente calcular la magnitud de este -- margen de tiempo. (30,33).

Existen diferencias en el concepto y cálculo de margen u holgura para PERT, CPM y PDM.

PERT tiene dos clases de holgura (slack)

#### 1. Holgura del Suceso (Hs)

Es la diferencia entre el tiempo de terminación más alejado de la actividad que termina en un evento y el tiempo de iniciación más próximo de la actividad que inicia en ese evento.  $Hs = T_{Li} - T_{Ei}$ .

#### 2. Holgura de la Actividad (Ha)

Es la diferencia entre el tiempo de terminación más alejado de la actividad que termina en el evento final y el -- tiempo de iniciación más próximo en el evento inicial y la duración de esa actividad.  $Ha = T_{Lj} - T_{Ei} - \text{Duración}$ .

CPM llama a las holguras de tiempo, tiempos flotantes -- (también conocidos como márgenes). Aquí se distinguen -- tres tipos de tiempos flotantes.

#### 1. Margen Total o Tiempo Flotante Total (Mt)

Se denomina así a la cantidad de tiempo que puede re--

trasarse una actividad sin afectar la terminación programada del proyecto, es decir, el tiempo máximo disponible para ejecutar cualquier actividad; es la diferencia entre el tiempo de terminación más alejado para concluir y el tiempo de iniciación más próximo para comenzar una actividad, menos la duración de la misma.

El margen total es igual a la holgura de la actividad que define PERT.

Cuando el margen total de una actividad es igual a cero se dice que la actividad es crítica.

## 2. Margen Libre o Tiempo Flotante Libre (Ml)

Es la cantidad de tiempo disponible después de realizar la actividad si todas las actividades del proyecto han comenzado en sus tiempos de iniciación más próximos, o sea, la diferencia entre el tiempo de iniciación más próximo y el tiempo de terminación más próximo menos la duración de la actividad.

## 3. Margen Independiente o Tiempo Flotante Independiente (Hi).

Es el exceso mínimo disponible de tiempo sobre el tiempo requerido para terminar una actividad. Es la

diferencia entre el tiempo de terminación más alejado de la actividad precedente y el tiempo de iniciación más próximo de la actividad subsiguiente menos la duración.

Este valor da una medida de la variación de iniciación de las actividades sin afectar ningún otro trabajo del proyecto, es decir, la forma en que una actividad puede diferir su tiempo de iniciación hasta su límite sin afectar el desarrollo del proyecto.

PDM tiene dos clases de holgura:

1. Holgura Total (TFL)

Es el aumento de tiempo por el cual una actividad puede ser retrasada sin posponer la fecha de terminación. Está determinada por la diferencia entre el tiempo de terminación más próximo y el tiempo de terminación más lejano.

2. Holgura Libre (FFL)

Es el aumento de tiempo por el cual una actividad puede atrasarse sin retardar el tiempo de inicio más próximo de las actividades que le suceden. Es la diferencia entre el tiempo de inicio más próximo del sucesor y el tiempo de terminación más próximo del predecesor.

Es importante aclarar que el cálculo de estas holguras --



de tiempo son muy valiosas para el buen desarrollo y ejecución del proyecto, ya que para el director del proyecto es conveniente conocer la holgura total de las actividades porque es quien tiene la responsabilidad de terminar a tiempo el proyecto; al responsable de ejecución del proyecto le es útil conocer la holgura libre y para el coordinador del mismo es significativo conocer la holgura independiente porque marca el límite de retraso sin afectar el desarrollo del proyecto.

Una vez determinados los tiempos de iniciación y terminación, así como las holguras, se procede a elaborar una matriz que contendrá la siguiente información por actividad. \*

1. Clave de la actividad.
2. Descripción de la misma.
3. Duración.
4. Fecha temprana de iniciación (tiempo de iniciación -- más próximo).
5. Fecha temprana de terminación (tiempo de terminación-- más próximo).
6. Fecha tardía de iniciación.
7. Fecha tardía de terminación.
8. Holgura total
9. Holgura libre

\*Misma que se enviará al Jefe de Proyecto y Especialidades involucradas.

## 10. Holgura independiente.

### 2.4 Asignación de Recursos.

La creación de un programa para un proyecto no solo incluye la elaboración de la red en base al plan establecido, sino que debe considerar también la formulación del programa con la asignación de recursos, puesto que estos y su disponibilidad son los que verdaderamente darán vida al plan, y por lo tanto tomarán parte activa en la realización o ejecución del proyecto.

#### 2.4.1 Definición de la Asignación de Recursos.

La red, el tiempo global del proyecto y la ruta crítica se obtienen inicialmente en base a las relaciones lógicas entre las actividades involucradas, así como el tiempo estimado para la terminación de cada actividad. Pero esta estimación de tiempo no es precisa y para un alcance mayor, los recursos asignados a una actividad determinarán el tiempo a consumir realmente, esto es, la disponibilidad de equipo, personal y/o dinero, ya que suelen ser cruciales para alcanzar el programa del proyecto, y por ende, los objetivos planeados. (33).

La definición y designación de tiempo, especialidad, equipo y costo para cada actividad será por lo tanto, lo que se llamará Asignación de Recursos.

El director tendrá necesariamente que conocer la cantidad de recursos que requerirá cada actividad, de acuerdo a la prioridad de ejecución de éstas, de tal forma que si no hay restricciones en la disponibilidad de recursos, tratará de llevar a cabo una nivelación para reducir los costos.

Habitualmente, algunos de los recursos pueden estar definidos y limitados exactamente. Bajo estas circunstancias, el director del proyecto debe asegurarse que el total de recursos requeridos para actividades que ocurran simultáneamente, no excedan los recursos disponibles. (33).

Con el desarrollo de proyectos y el crecimiento de los mismos, se ha dedicado tiempo al estudio de los problemas y de las técnicas para programar proyectos de gran tamaño- así como también el incremento de la capacidad de compañías administradoras de proyectos- se ha tenido la necesidad de examinar las operaciones desde una aproximación de sistemas puesto que los problemas de la administración de grandes proyectos se han incrementado no solo en número, sino también en complejidad. - Es por lo que el enfoque por la aproximación de sistemas surge para lograr las metas fijadas. (33).

Cuando se administra un proyecto pueden surgir las siguientes preguntas al asignar recursos:

- a) ¿Las restricciones dadas por la red, requerirán un incremento en la duración del proyecto?.
- b) ¿Cuántos recursos podrían emplearse para el proyecto?
- c) ¿Cuál es la cantidad óptima de recursos, considerando los costos de trabajo y el costo de terminación del proyecto para diferentes duraciones de tiempo estimadas?

Las posibles respuestas a las preguntas anteriores deberán estar de acuerdo a las siguientes suposiciones:

- a) Los proyectos a ser programados tendrán, cada uno, una fecha de iniciación y una de terminación (tentativas).
- b) Cada uno de los proyectos deberá estar caracterizado por un ordenamiento tecnológico de las actividades del proyecto en forma de un diagrama de flechas.
- c) Los niveles de recursos disponibles por unidad de tiempo serán especificados para cada tipo de recurso que se esté considerando.
- d) Los requerimientos de recursos para cada actividad son especificados y asumidos constantes durante la duración de la actividad.

En base a las suposiciones anteriores, los problemas de asignación pueden clasificarse en forma general en tres grupos -- que están referidos como: Nivelación de Recursos Ilimitados, Asignación de Recursos Limitados y Planeación de Recursos de

Largo Rango. (33).

#### 2.4.2 Métodos de Nivelación de Recursos Ilimitados.

Aquí es posible proporcionar recursos suficientes para llevar a cabo un proyecto que debe completarse para una fecha determinada. Esta situación se presenta en proyectos de construcción.

El objetivo de la programación es en este caso, minimizar los costos de los recursos. Ya que los costos de contratación y despido de personal o recursos fijos son apreciables, este objetivo es equivalente a nivelar, tanto como sea posible, la demanda para cada recurso específico durante la vida del proyecto. Es decir, el objetivo es nivelar los requerimientos de recursos, sujetos a la restricción de que la fecha de terminación del proyecto debe cumplirse.

Dentro de estos métodos se tienen los siguientes:

- a) Método de Nivelación de R.L. Martino.
- b) Método de Nivelación de A.R. Burgess.
- c) Método de Nivelación de J.D. Wiest.

#### 2.4.3 Métodos de Asignación de Recursos Limitados.

Esta situación es más común, se alcanza cuando hay limitaciones muy definidas en la disponibilidad de recursos para lle--

var a cabo el proyecto bajo restricción. Aquí el objetivo de la programación es satisfacer la fecha de terminación del proyecto hasta donde sea posible, lo cual equivale a minimizar la duración del proyecto que se está programando, sujeto a las restricciones establecidas con los recursos disponibles. (33).

Los métodos que se tienen para estas restricciones son:

- a) Método de Asignación de R.L. Martino.
- b) Método de Asignación de Recursos de J.J. Moder y C.R. Phillips.

#### 2.4.4 Planeación de Recursos de Largo Rango.

En esta situación, la administración procura determinar la combinación de niveles de recursos y fechas de terminación que minimizarían los costos de recursos, costos generales y pérdidas que resultan cuando la fecha programada no se satisface. Este es el más difícil de los citados, ya que se presentan menos restricciones.

Dentro de los procedimientos que pueden aplicarse a este tipo de planteamiento se tienen:

- a) Modelo SPAR-1 de J. D. Wiest.
- b) Modelo RAMPS.

Cuando se manejan varios proyectos a la vez, deberá contarse-

con una técnica que permita administrar esta serie de proyectos y por ello existe un cuarto punto en la clasificación anterior y es la conocida como:

#### 2.4.5 Asignación de Recursos a Proyectos Múltiples.

Es necesario contar con una herramienta que permita efectuar la asignación de fuerza humana a proyectos tanto de ingeniería como de investigación. La técnica usada es la propuesta por McGee y Markarian. Sirve como dispositivo para determinar detalladamente el punto donde pueden utilizarse mejor a los hombres con habilidades específicas, así como medir el impacto de carga de trabajo adicional propuesta en los recursos (fuerza humana) disponibles y en proyectos en desarrollo.

Esta técnica puede ser empleada para proyectos simples también.

#### 2.5 Control de Proyectos.

Cuando se habla de control, se deberá entender como la comparación entre lo programado y lo real, basados en los planes y -- programas establecidos con la asignación de recursos debida, - mediante la realización de análisis formales de la información.

Se pueden marcar como Etapas de Control a las siguientes:

##### 1. Definir el ciclo de control.

Es decir, cada cuando se va a medir el avance que lleva -

cada actividad, principalmente las actividades críticas.

2. Recopilar información de avance.

Se deberán plantear seguimientos para adquirir datos reales y confiables acerca de la ejecución de cada actividad, así como la forma de medir esa información.

3. Graficar y analizar la información.

Una vez determinado el grado de avance, será necesario -- compararlo contra lo programado mediante gráficas que permitirán saber el estado programado contra el real de donde se concluirá si es o no necesario reprogramar el proyecto. Consultar el apéndice A.



### CAPITULO III

### DESARROLLO DEL PROYECTO

### III. DESARROLLO DEL PROYECTO.

El considerable ritmo de crecimiento de las instalaciones petroleras en la Sonda de Campeche, que aportan las dos terceras partes de la producción nacional de crudo y la importancia que tiene en los programas de desarrollo de Petróleos Mexicanos y del país, obligan al establecimiento de medidas que conduzcan a una óptima explotación y garanticen una producción estable a mediano y largo plazo.

Tomando en consideración la producción y básicamente su transporte de la Sonda de Campeche a tierra, así como las características propias de los yacimientos, hace necesario establecer un sistema de mantenimiento de los ductos ascendentes a las plataformas de enlace de cada uno de los complejos para prolongar la vida del ducto y asegurar el transporte del crudo.

Por lo anterior, Petróleos Mexicanos decidió llevar a cabo el proyecto para revisar la curva de expansión para el oleoducto de 36" de diámetro de la plataforma de enlace del complejo Akal 'C'.

#### 3.1 Alcance del Proyecto.

El alcance del proyecto contempla el desarrollo de los procedimientos de reparación, así como la revisión analítica, del ducto ascendente de la plataforma de enlace del complejo Akal 'C', conectado al oleoducto de 36" de diámetro que va a Dos Bocas. Por lo que es necesario trabajar in situ para conocer el estado real de la curva de expansión y analizar si se podrá reparar o será necesario el cambio total de la misma.

Para la reparación se debe contar con un dispositivo de medición, que -

en este caso se diseñará y fabricará para este fin, ya que la compañía inicialmente encargada del proyecto no cuenta con tal dispositivo. Paralelamente se pueden elaborar los procedimientos de medición.

Una vez realizada la medición, se analizan los resultados obtenidos, con lo que se puede sugerir el tipo de reparación, el procedimiento a seguir, los elementos necesarios para la reparación, fabricación e instalación.

Para terminar, se elabora un reporte final que contempla todos los procedimientos de medición propuestos, el reporte de instalación y los procedimientos de medición local propuestos.

## 2 Lista de Actividades.

En función del alcance anteriormente planteado se analizan todas las actividades a realizar para cumplir con los objetivos y se decide agruparlas en tres fases, que son las siguientes:

### FASE I ESTUDIOS EN CAMPO

- i) Elaboración de especificaciones para los trabajos en campo.
- ii) Inspección in situ
- iii) Levantamiento geométrico del estado real de la curva de expansión.

### FASE II MEDICION EXTERNA DE LA DEFORMACION

- i) Diseño conceptual del dispositivo de medición local.

- ii) Diseño detallado del dispositivo de medición local.
- iii) Especificaciones de fabricación.
- iv) Elaboración de procedimientos de fabricación local.
- v) Fabricación del dispositivo.
- vi) Preparación para la medición en campo.
- vii) Medición en campo.

### FASE III CONCLUSIONES

- i) Evaluación de los resultados
- ii) Recomendaciones
- iii) Elaboración del procedimiento de reparación
- iv) Fabricación e instalación de los elementos necesarios para la reparación.
- v) Revisión del reporte de la compañía
- vi) Elaboración del reporte final.

### 3.3 Matriz de Secuencias.

Una vez realizada la lista de actividades se procedió a elaborar la matriz de secuencias, es decir, se construye un listado en forma horizontal y vertical de todas las actividades del proyecto, siguiendo los pasos marcados en el capítulo anterior en el punto 2.2.1.

En este caso se optó por la matriz de sucedencias, ya que es más fácil de seguir al inicio de un proyecto.

La figura 3.1 muestra a las actividades a realizar, formando los renglo

ACTIVIDADES A REALIZAR (1)	(2) ACTIVIDADES SUCEDENTES															
	Elaboración de especificaciones para los trabajos en campo															
Elaboración de especificaciones para trabajos en campo	1															
Inspección in situ (visita a campo)	2															
Levantamiento geométrico del estado real de la junta de expansión	3															
Diseño conceptual del dispositivo de medición local	4															
Diseño detallado del dispositivo de medición local	5															
Especificaciones de fabricación del dispositivo de medición local	6															
Elaboración de procedimientos de medición local	7															
Fabricación del dispositivo	8															
Preparación de medición en campo	9															
Medición en campo	10															
Evaluación de resultados	11															
Recomendaciones	12															
Elaboración del procedimiento de reparación	13															
Fabricación e instalación de los elementos necesarios para la reparación	14															
Revisión del reporte de la compañía	15															
Elaboración del reporte final	16															

**NOTAS:**

(1) - Actividades inmediatamente anteriores

(2) - Actividades inmediatamente posteriores

UNAM		ENEP ZARAGOZA	
		INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL			
MATRIZ DE SUCEDENCIAS			
Lydia Jiménez González		FIG. 3 I	
Joaquín Alfonso Montoya Dalgado		Dibujo N° 09	
		Fecha 15-03-85	

nes y las que le suceden en las columnas, de esta manera se tiene que, después de la primera actividad, "Elaboración de especificaciones para trabajos en campo", pueden realizarse las actividades de "Inspección in situ" y "Levantamiento geométrico del estado real de la curva de expansión".

Para llevar la matriz de sucedencias es necesario conocer muy bien el alcance del proyecto, y en algunas ocasiones, la ayuda del especialista encargado de la ejecución de las actividades, para poder establecer con certeza las relaciones que guardan entre sí cada una de ellas.

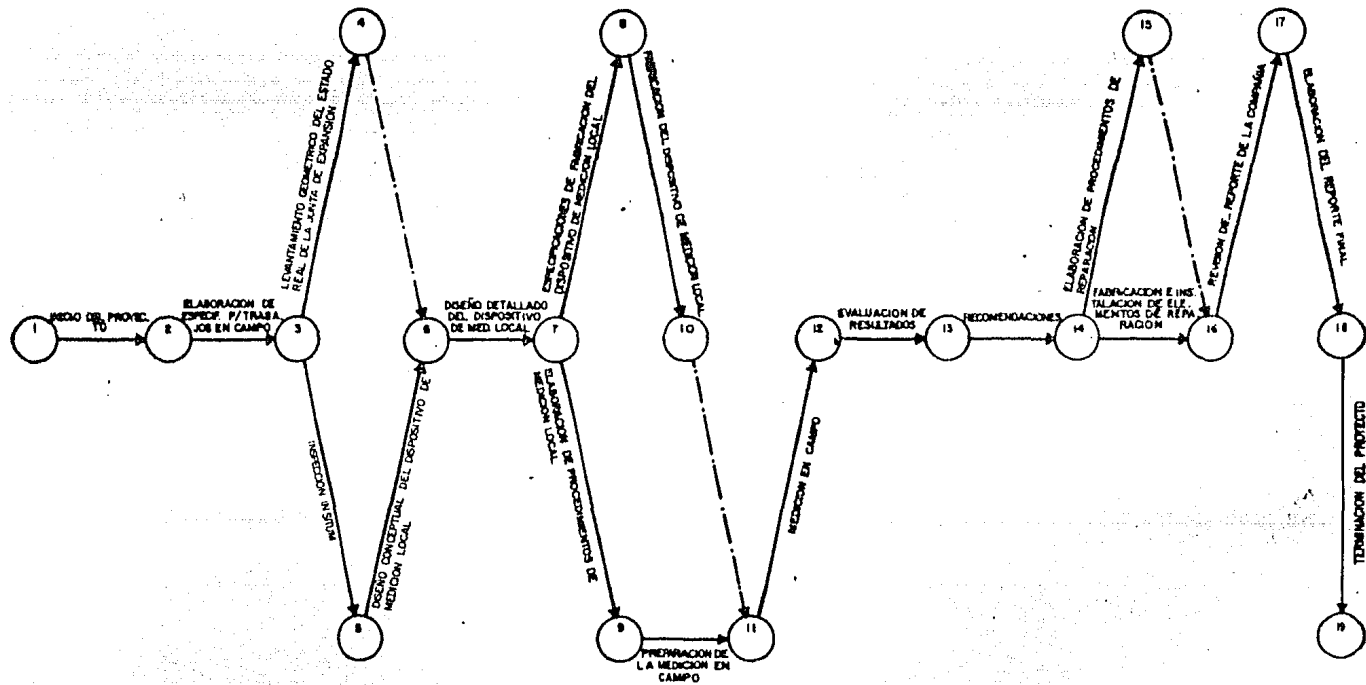
El establecimiento de este documento es muy útil para formar el diagrama de flechas del proyecto.

#### 3.4 Diagrama de Flechas.

A partir de la matriz obtenida y la información generada por los especialistas para la determinación de la duración de cada una de las actividades (ya sea con CPM o PERT), se puede construir el diagrama de flechas.

Este diagrama o red, muestra la interrelación de las actividades y duración de las mismas, es decir, la representación gráfica del proyecto en forma global, ayudando esto a tener una visión general del mismo, - figura 3.2.

De acuerdo a los procedimientos presentados en el apéndice A y a los -



————— ACTIVIDAD  
 - - - - - ACTIVIDAD FICTICIA

UNAM		ENEP ZARAGOZA	
		INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL			
DIAGRAMA DE FLECHAS			
Lydia Jiménez González		FIG. 3.2	
Joaquín Alfonso Montoya Delgado		Octav. N° 10	
		Fecha 15/03/85	

diagramas de bloques de las figuras 2,3 y 2.4, así como de los resultados de los paquetes empleados, se obtienen los tiempos tempranos, figura 3.3 y tiempos tardíos, figura 3.4.

Una vez conocidos estos tiempos, se obtienen las holguras libre y total, para determinar la ruta crítica del proyecto, figura 3.5, calculados de acuerdo al apéndice A y de los resultados obtenidos por los paquetes -- usados; para no tener que manejar durante todo el proyecto estos diagramas, esta misma información se puede presentar en forma tabular ya que es más accesible.

### 3.5 Matriz de Tiempos.

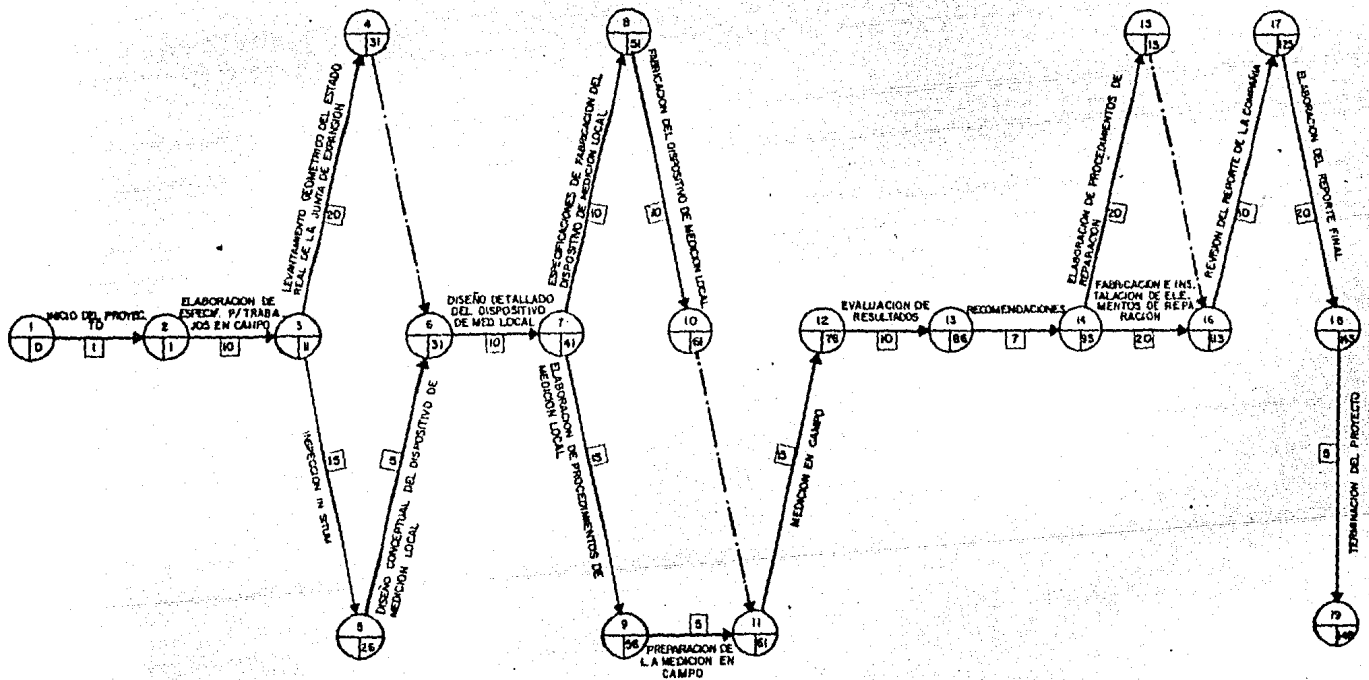
Este documento es la representación tabular que muestra a las actividades con su duración, tiempos de iniciación y terminación (tempranos y tardíos), holguras (libre, total e independiente).

La figura 3.6 muestra la matriz de tiempos, para una sola estimación de tiempo en la duración de cada actividad con todos los demás parámetros obtenidos (CPM).

La figura 3.7 muestra la misma información con la diferencia de que se toman tres estimaciones de tiempo (optimista, medio y pesimista) para la determinación de la duración de cada actividad y los demás parámetros obtenidos (PERT).

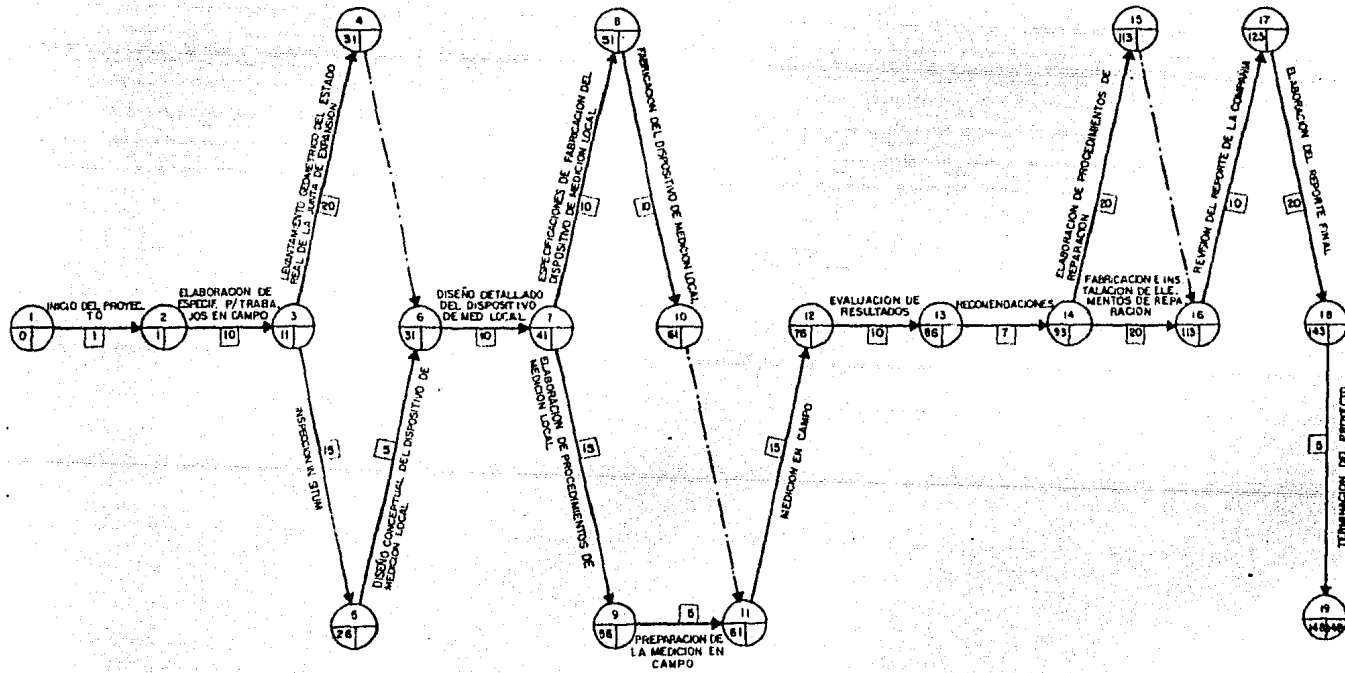
En estas tablas, se puede seguir la ruta Crítica observando la columna



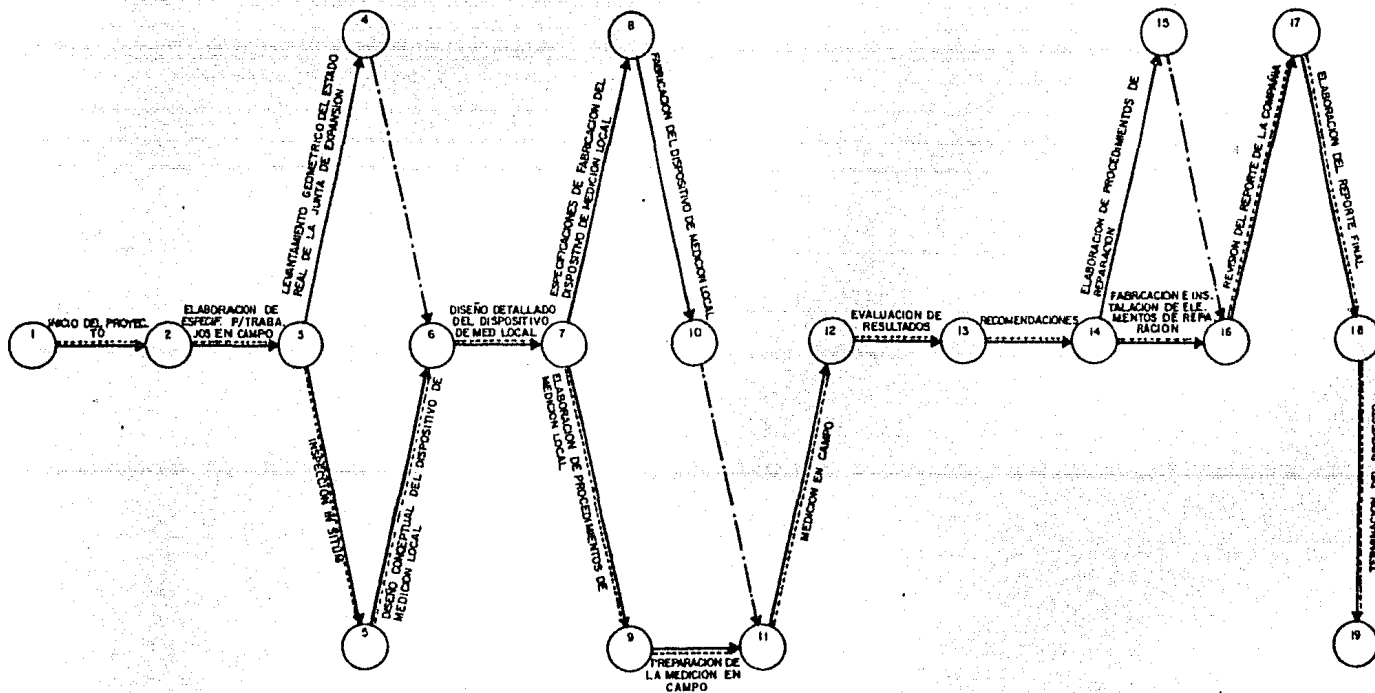


———— ACTIVIDAD  
 - - - - - ACTIVIDAD FICTICIA

UNAM ENP ZARAGOZA	
INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL	
OBTENCION DE TIEMPOS TEMPRANOS	
Lydia Juárez González	FIG. 3.3
Joaquín Alfonso Montoya Delgado	Dib. No. 11
	Fecha: 15-03-85



UNAM ENEP ZARAGOZA INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL	
OBTENCION DE TIEMPOS TARDIOS	
Lyda Jiménez González	FIG. 3.4
Joaquín Alfonso Montoya Delgado	Dibujo N°: 12
	Fecha: 16-03-85



UNAM ENEP ZARAGOZA INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL	
RUTA CRITICA	
Lyda Jiménez Gondier	FIG. 3.5
Joaquín Alfonso Montoya Delgado	Colección N° 11
	Fecha: 15 - 03 - 86

ACTIVIDAD			DURACION	STATUS	FECHA TEMPRANA		FECHA LEJANA		TIEMPOS FLOTANTES		
i	j	descripción			inicio	terminación	inicio	terminación	total	libre	independiente
					TEi	TEj	TLi	TLj	F <sub>T</sub>	F <sub>L</sub>	F <sub>I</sub>
1	2	Inicio del proyecto	1	Critica	0	1	0	1	0	0	0
2	3	Elaboración de especificaciones para trabajo en campo	10	Critica	1	11	1	11	0	0	0
3	4	Levantamiento geométrico del estado real de junta de expansión	20	No critica	11	31	11	31	0	0	0
3	5	Inspección in situ	15	Critica	11	26	11	26	0	0	0
4	6	ACTIVIDAD FICTICIA		FICTICIA							
5	6	Diseño conceptual del dispositivo de medición local	5	Critica	26	31	26	31	0	0	0
6	7	Diseño detallado del dispositivo de medición local	10	Critica	31	41	31	41	0	0	0
7	8	Especificaciones de fabricación del dispositivo de Med. local	10	No critica	41	51	41	51	0	0	0
7	9	Elaboración de procedimientos de medición local	15	Critica	41	56	41	56	0	0	0
8	10	Fabricación del dispositivo de medición local	10	No critica	51	61	51	61	0	0	0
9	11	Preparación de la medición en campo	5	Critica	56	61	56	61	0	0	0
10	11	ACTIVIDAD FICTICIA		FICTICIA							
11	12	Medición en campo	15	Critica	61	76	61	76	0	0	0
12	13	Evaluación de resultados	10	Critica	76	86	76	86	0	0	0
13	14	Recomendaciones	7	Critica	86	93	86	93	0	0	0
14	15	Elaboración de los procedimientos de reparación	20	No critica	93	113	93	113	0	0	0
14	16	Fabricación e instalación de los elementos necesarios para la reparación	20	Critica	93	113	93	113	0	0	0
15	16	ACTIVIDAD FICTICIA		FICTICIA							
16	17	Revisión del reporte de la campaña	10	Critica	113	123	113	123	0	0	0
17	18	Elaboración del reporte final	20	Critica	123	143	123	143	0	0	0
18	19	Terminación del proyecto	5	Critica	143	148	143	148	0	0	0

**UNAM** ENEP ZARAGOZA  
INGENIERIA QUIMICA

**TESIS PROFESIONAL**

**MATRIZ DE TIEMPOS (CPM)**

Lydia Jimenez Gonzalez	FIG. 3.6
José Juan Alfaro Montoya Delgado	Dibujo N° 14
	Fecha: 15-03-81

ACTIVIDAD		DURACION ESTIMADA			DURACION CALCULADA	STATUS	FECHA TEMPRANA		FECHA LEJANA		HOLGURA		
	descripción	a	m	b			inicio	terminación	inicio	terminación	total	libre	suceso
					T	TEi	TEj	TLi	TLj				
1	Inicio del proyecto	1	1	1	1	C	0	1	0	1	0	0	0
2	Elaboración de especificaciones para trabajo en campo	8	10	12	10	C	1	11	1	11	0	0	0
3	Levantamiento geométrico del estado real de junta de expansión	15	20	25	20	NC	11	31	11	31	0	0	0
4	Inspección in situ	14	5	16	15	C	11	26	11	26	0	0	0
5	ACTIVIDAD FICTICIA												
6	Diseño conceptual del dispositivo de medición local	4	5	6	5	C	26	31	26	31	0	0	0
7	Diseño detallado del dispositivo de medición local	8	10	12	10	C	31	41	31	41	0	0	0
8	Especificaciones de fabricación del dispositivo de Med local	8	10	12	10	NC	41	51	41	51	0	0	0
9	Elaboración de procedimientos de medición local	12	15	18	15	C	41	56	41	56	0	0	0
10	Fabricación del dispositivo de medición local	9	10	11	10	NC	51	61	51	61	0	0	0
11	Preparación de la medición en campo	4	5	6	5	C	56	61	56	61	0	0	0
12	ACTIVIDAD FICTICIA												
13	Medición en campo	14	15	16	15	C	61	76	61	76	0	0	0
14	Evaluación de resultados	9	10	11	10	C	76	86	76	86	0	0	0
15	Recomendaciones	5	7	9	7	C	86	93	86	93	0	0	0
16	Elaboración de los procedimientos de reparación	18	20	22	20	NC	93	113	93	113	0	0	0
17	Fabricación e instalación de los elementos necesarios para la reparación	18	20	22	20	C	93	113	93	113	0	0	0
18	ACTIVIDAD FICTICIA												
19	Revisión del reporte de la compañía	9	10	11	10	C	113	123	113	123	0	0	0
20	Elaboración del reporte final	19	20	21	20	C	123	143	123	143	0	0	0
21	Terminación del proyecto	4	5	6	5	C	143	148	143	148	0	0	0

CLAVES:  
 C = Crítica  
 NC = No crítica

UNAM ENEP ZARAGOZA  
 INGENIERIA QUIMICA

TESIS PROFESIONAL

MATRIZ DE TIEMPOS (PERT)

Lydia Jimenez	FIG 3.7
Gonzalez	Dibujo N° 15
Josuan Alfonso	Fecha 15-03-85
Montoya Delgado	

de tiempo flotante total y holgura total respectivamente. Esta información es tan válida como la obtenida con el diagrama de flechas.

En proyectos muy grandes, es decir, con más de cien actividades es difícil concebir un diagrama de flechas, es por esto que la representación-tabular es más aceptada por los administradores de proyectos, ya que actualmente estos cálculos pueden realizarse a base de computadoras, que alimentadas con la información necesaria generan esta información, como es el caso del paquete OPTIMA y el desarrollado, usados para este proyecto (ver apéndice C).

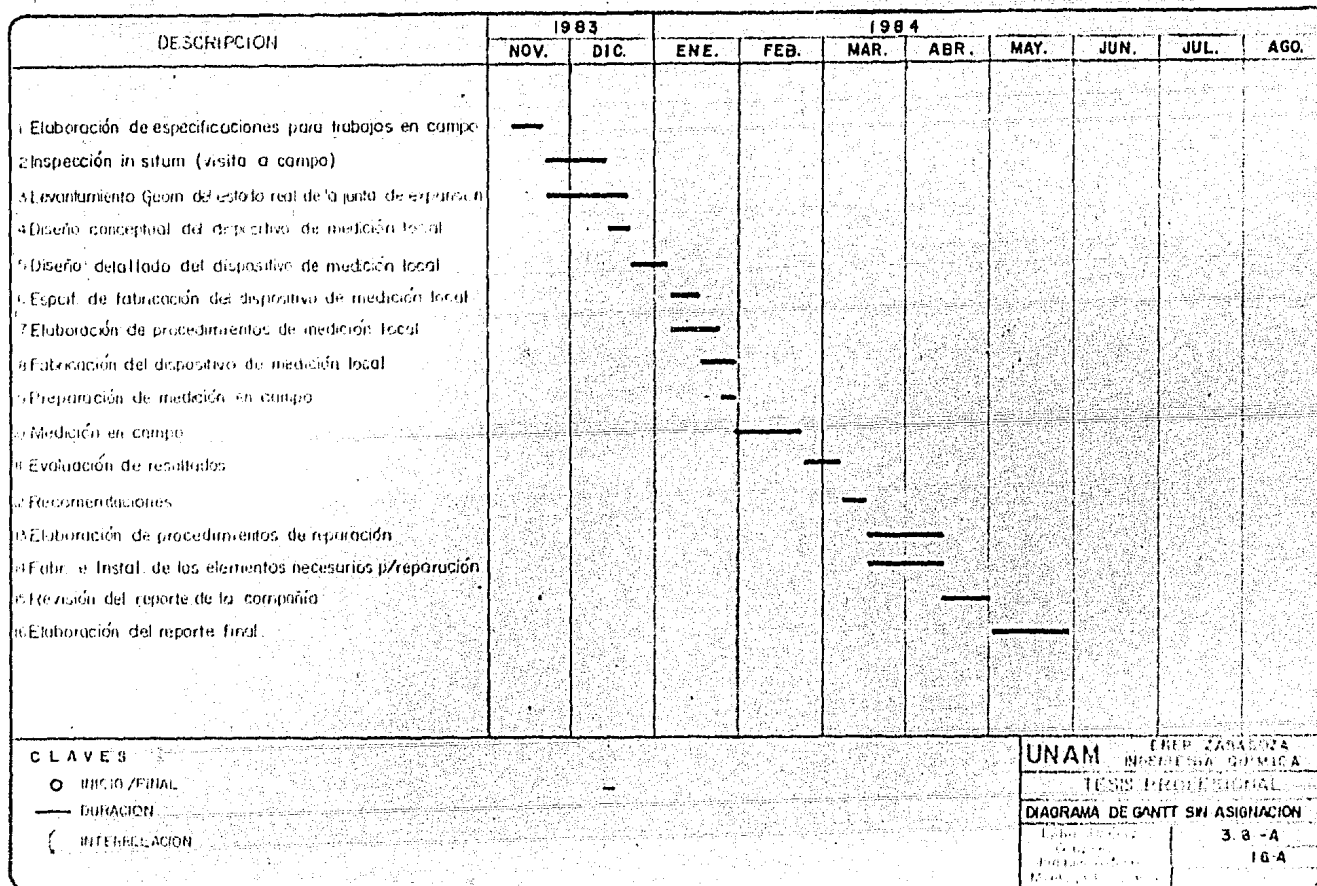
### 3.6 Diagrama de Gantt.

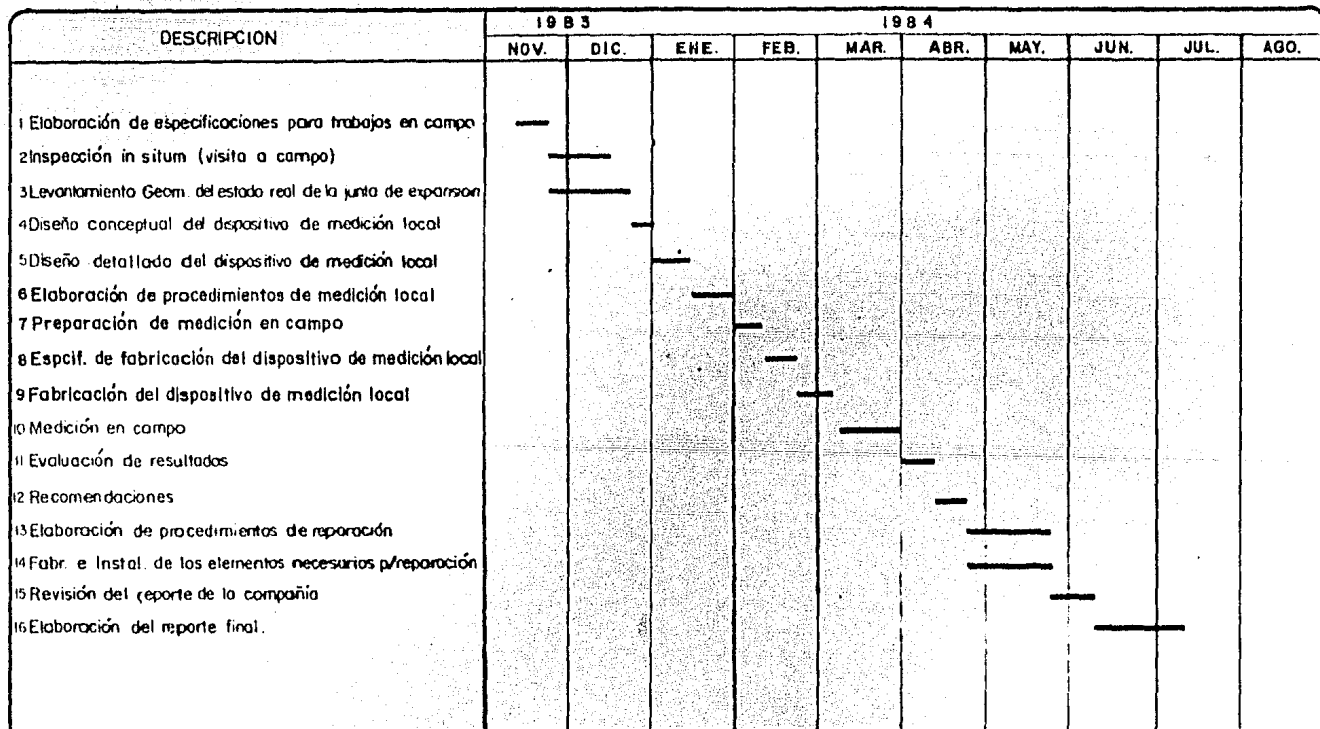
Adicionalmente a toda la información anteriormente generada, puede ser necesaria una representación sencilla del proyecto, ocasionalmente sin mucha información; es aquí cuando surge la necesidad de elaborar un diagrama donde pueda visualizarse la duración del proyecto en forma global, sin mostrar la interrelación entre actividades, ni la prioridad entre ellas, o sea, el diagrama de Gantt o calendario del proyecto.

La figura 3.8 muestra el diagrama de Gantt del proyecto, en la etapa inicial.

### 3.7 Diagrama de Precedencias.

Sin embargo, en algunas ocasiones además de la duración del proyecto, es importante mostrar la interrelación que guardan entre sí cada una -





**CLAVES**

- INICIO /FINAL
- DURACION
- ┌ INTERRELACION

<b>UNAM</b>	ENEP ZARAGOZA
	INGENIERIA QUIMICA
<b>TESIS PROFESIONAL</b>	
<b>DIAGRAMA DE GANTT CON ASIGNACION</b>	
Lycia Jimenez	FIG. 3, B -B
Genrober	Univ. N° 16 -B
Jocelyn Alfonso	
Martaya Delgadillo	Tech. 15-Q 3- 25



de las actividades, para conocer su conexión lógica y definir su ejecución.

Este diagrama es la representación de la matriz de sucedencias, ver -- apéndice A.

La figura 3.9 muestra este diagrama, elaborado por un graficador, que toma información del paquete OPTIMA.

### 3.8 Asignación de Recursos.

A partir de la matriz de secuencias (sucedencias para este caso) o del diagrama de precedencias, se realiza un balance entre los recursos requeridos y los disponibles, manteniendo la fecha de terminación del -- proyecto.

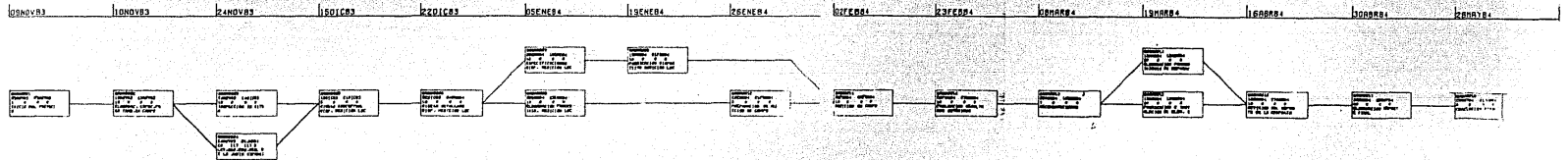
Una vez definidos los recursos se procede a analizar cada uno de los -- métodos de asignación planteados en el apéndice A (ver cuadro sinóptico).

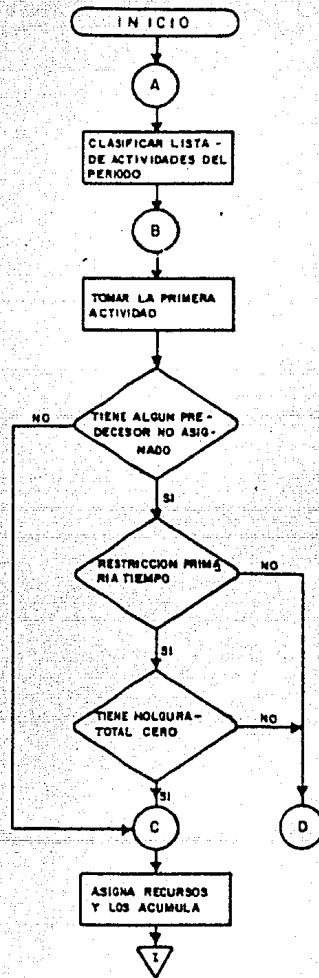
De este análisis y tomando en cuenta que la firma de ingeniería no solo ejecuta y controla un proyecto aislado sino que trabaja con mas pro -- yectos, y además que las compañías subcontratadas están en el mismo ca -- so, se empleó el método propuesto por Mc Gee y Markarian (ver diagrama -- de flujo y algoritmo en las figuras 3.10-A/C y apéndice C).

La tabla de la figura 3.11 muestra a las actividades de acuerdo al dia

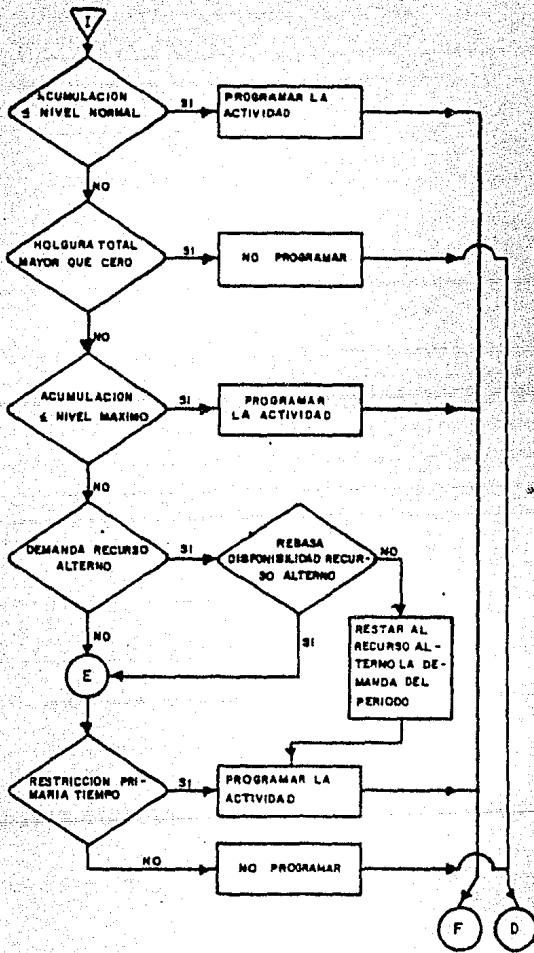
SPERRY UNIVAC OPTIMA 1100 4.2  
 (13 JUL 84 - 16 17 09)  
 NETWORK - AM0001  
 \* PROTECCION DE EXPLOTACION N0001-DET \*  
 PAGE 1 .1 GROUP 1

DIAGRAMA DE PRECEDENCIA  
 (programado)

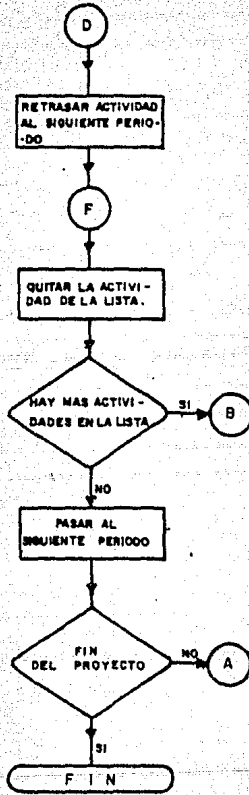




UNAM ENEP ZARAGOZA INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL	
ASIGNACION DE RECURSOS	
Lydia Jiménez González	FIG. 3.10-A
Joaquín Alfonso Montoya Delgadillo	Dibujo No: 18 - A
	Fecha: 15-03-85



<b>UNAM</b> ENEP ZARAGOZA	
INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL	
ASIGNACION DE RECURSOS	
Lydia Jiménez	FIG 310-B
González	Dibujo No: 18-B
Joaquín Alfonso	Fecha: 15-03-85
Montoya Delgadillo	



<b>UNAM</b>	<b>ENEP ZARAGOZA</b>
	<b>INGENIERIA QUIMICA</b>
<b>TESIS PROFESIONAL</b>	
<b>ASIGNACION DE RECURSOS</b>	
Lydia Jiménez	FIG 310-C
Joaquín Alfonso	Dibujo No: 18-C
Montoya Dalgado	Fecha: 15-03-85

ACTIVIDAD		DUR	PROGRAMADO				RECURSOS					HT		C/RECURSOS		CLAVE Pr C/R		
			S/RECURSOS		C/RECURSOS		A	B	C	D	E	S/R	C/R	LS	LF			
S/RECURSOS	C/RECURSOS		ES	EF	ES	EF												
1, 2	1, 2	1	0	1	0	1	1					0	0	0	1	C	C	
2, 3	2, 3	10	1	11	1	11	1					0	0	1	11	C	C	
3, 4	3, 4	20	11	31	11	31	1	2				0	0	11	31	C	C	
3, 5	3, 5	15	11	26	11	31	1	2				0	5	16	31	C	NC	
4, 6	4, 5	0	F I C T I C I A														D	D
5, 6	5, 6	5	26	31	31	36	2					0	0	31	36	C	C	
6, 7	6, 7	10	31	41	36	46	2					0	0	36	46	C	C	
7, 8	9, 10	10	41	51	66	76	2					0	0	56	76	C	C	
7, 9	7, 8	15	41	56	46	61	2					0	0	46	61	C	C	
8, 10	10, 11	10	51	61	76	86			1			0	0	76	86	C	C	
9, 11	8, 9	5	56	61	61	66	1	2	1			0	0	61	66	C	C	
10, 11	NO EXISTE	0	F I C T I C I A														D	NE
11, 12	11, 12	15	61	76	86	101	1	2	2			0	0	86	101	C	C	
12, 13	12, 13	10	76	86	101	111	2					0	0	101	111	C	C	
13, 14	13, 14	7	86	93	111	118	1					0	0	111	118	C	C	
14, 15	14, 15	20	93	113	118	138	2					0	0	118	138	C	C	
14, 16	14, 16	20	93	113	118	138				1		0	0	118	138	C	C	
15, 16	15, 16	0	F I C T I C I A														D	D
16, 17	16, 17	10	113	123	139	148	1					0	0	138	148	C	C	
17, 18	17, 18	20	123	143	148	168	2		1			0	0	148	173	C	C	
18, 19	18, 19	5	143	148	168	173	1		1			0	0	168	173	C	C	

C = Crítico  
 NC = No crítica  
 D = Ficticia  
 NE = No existe

UNAM		ENEP ZARAGOZA	
		INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL			
TABLA DE RECURSOS			
Lydia Jimenez		FIG. 3 II	
González		Dibujo No 13	
Joaquín Alfonso		Fecha 15/03/65	
Montoya Delgado			

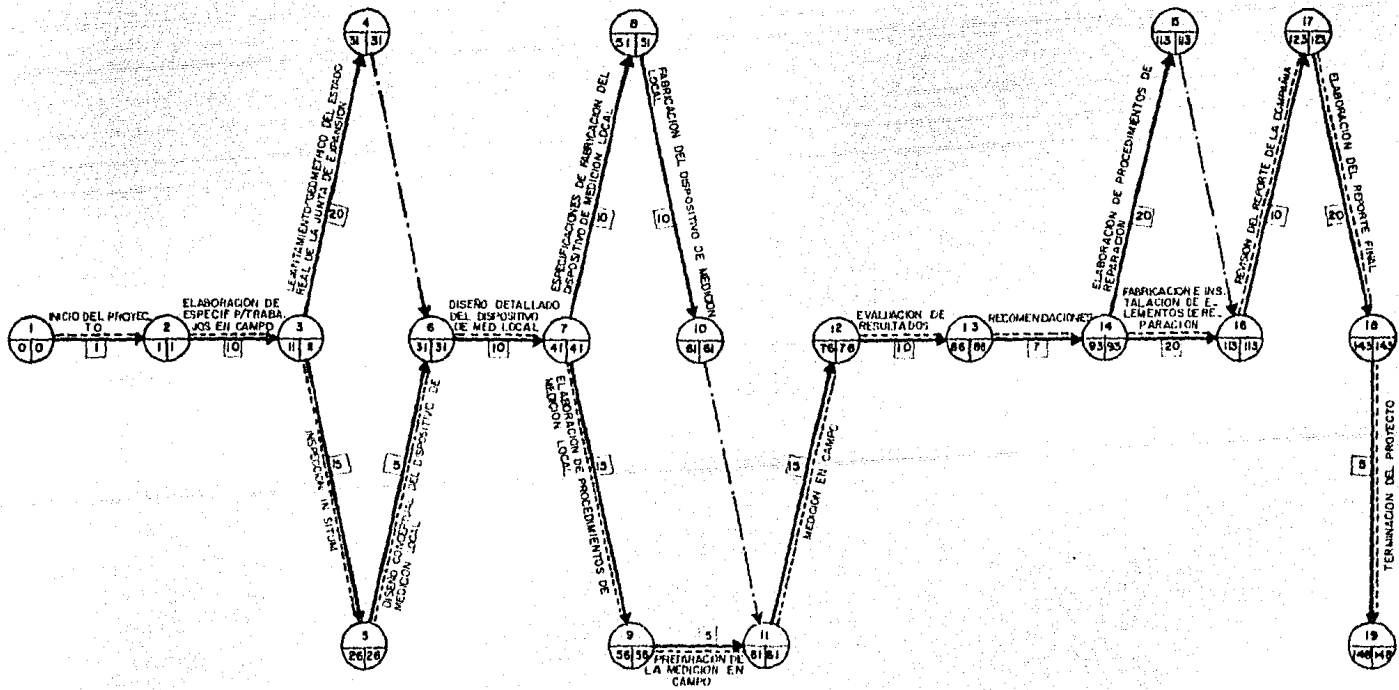
grama de flechas, con duración, tiempos, holgura total, con y sin asignación de recursos, tipo de recursos y clave de las mismas.

Con los datos obtenidos para el proyecto con la asignación de recursos, se elabora el diagrama de flechas de la figura 3.13-D que modifica y -- sustituye al de la figura 3.12 que es la red o diagrama de flechas sin asignar recursos, como se le ha identificado.

Los datos obtenidos de la asignación de recursos versus datos iniciales muestran que el tiempo de terminación del proyecto es de 173 días contra 148 que se tenían inicialmente (originada por las características de la firma y de las compañías subcontratadas), con esta información se está en posibilidad de generar el programa del proyecto.

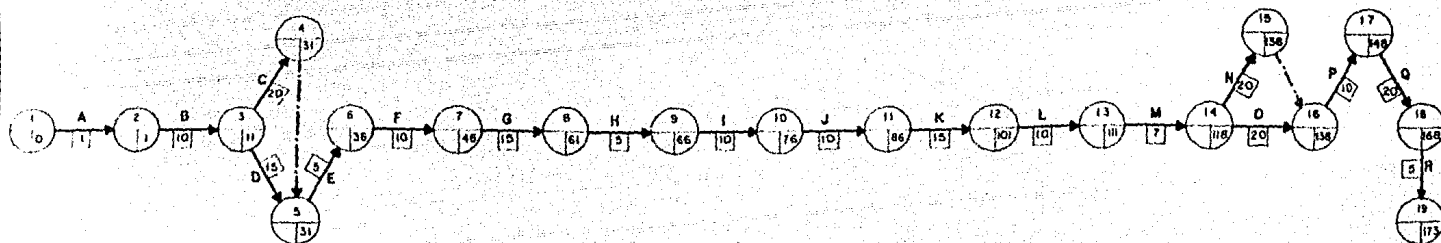
#### CUADRO SINOPTICO DE METODOS DE ASIGNACION DE RECURSOS.

Nivelación de Recursos Ilimitados.	a) Método de Nivelación de R.L. Martino.
	b) Método de Nivelación de A.R. Burgess.
	c) Método de Nivelación de J.D. Wiest.
Asignación de Recursos Limitados.	a) Método de asignación de R.L. Martino.
	b) Método de asignación de J.J. Moder y C.R. Phillips.



UNAM - ENEP ZARAGOZA	
INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL	
RED DEL PROYECTO	
Lydia Jiménez González	FIG. 3.12
Joaquín Alfonso Montoya Delgado	Urbup 14 <sup>o</sup> 20
Fecha: 15 - 03 - 83	



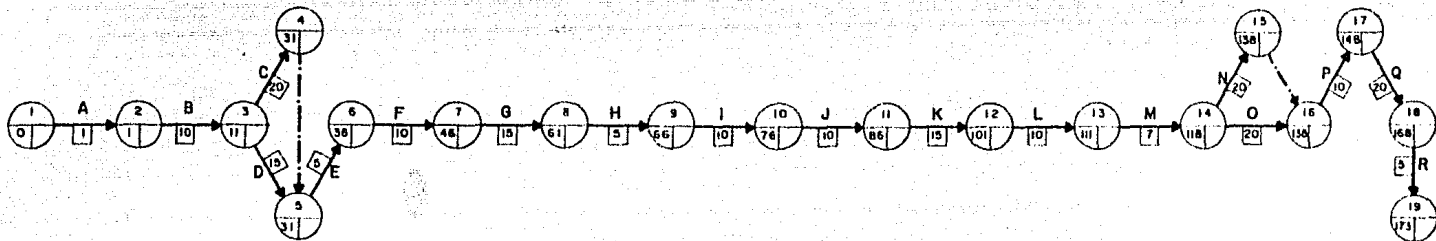


### ACTIVIDADES

- A Inicio del proyecto
- B Elaboración de especificaciones para trabajos en campo
- C Levantamiento geométrico del estado real de la junta de expansión
- D Inspección in situ
- E Diseño conceptual del dispositivo de medición local
- F Diseño detallado del dispositivo de medición local
- G Elaboración de procedimientos de medición local
- H Preparación de la medición en campo
- I Especificaciones de fabricación del dispositivo de medición local
- J Fabricación del dispositivo de medición local
- K Medición en campo
- L Evaluación de resultados
- M Recomendaciones
- N Elaboración de procedimientos de reparación
- O Fabricación e instalación de elementos de reparación
- P Revisión del reporte de la compañía
- Q Elaboración del reporte final
- R Terminación del proyecto

OBTENCIÓN DE TIEMPOS TEMPRANOS

UNAM ENEP ZARAGOZA	
INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL	
ASIGNACION DE RECURSOS	
Lydia Jiménez González	FIG. 3.13-A
Joaquín Alfoño	Dibujos N° 21-A
Montoya Delgadillo	Fecha 15-03-85

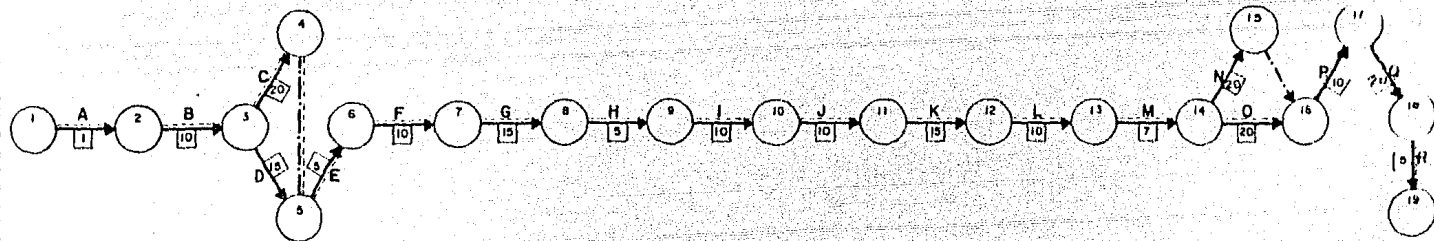


**ACTIVIDADES**

- A Inicio del proyecto
- B Elaboración de especificaciones para trabajos en campo
- C Levantamiento geométrico del estado real de la junta de expansión
- D Inspección in situ
- E Diseño conceptual del dispositivo de medición local
- F Diseño detallado del dispositivo de medición local
- G Elaboración de procedimientos de medición local
- H Preparación de la medición en campo
- I Especificaciones de fabricación del dispositivo de medición local
- J Fabricación del dispositivo de medición local
- K Medición en campo
- L Evaluación de resultados
- M Recomendaciones
- N Elaboración de procedimientos de reparación
- O Fabricación e instalación de elementos de reparación
- P Revisión del reporte de la compañía
- Q Elaboración del reporte final
- R Terminación del proyecto

GOTENCERA DE TIEMPOS TARDIOS

UNAM ENEP ZARAGOZA INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL	
ASIGNACION DE RECURSOS	
Lydia Jiménez González	FIG. 3.13-B
Joaquín Alfonso Moreno Delgadillo	Dibujo N° 21-B Fecha 15/03/85



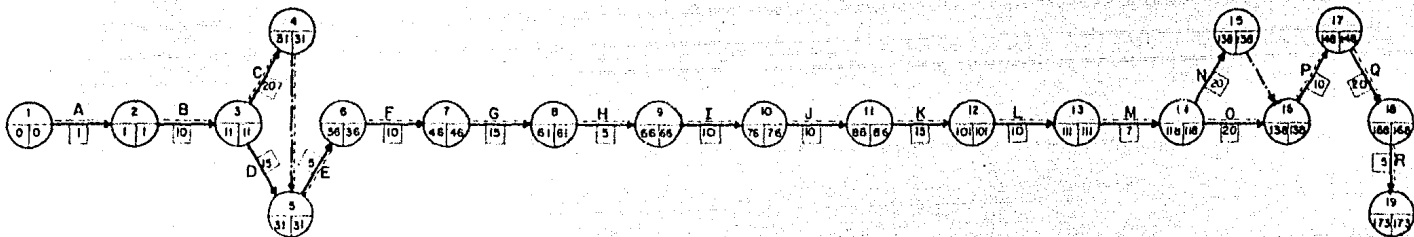
#### ACTIVIDADES

- A Inicio del proyecto
- B Elaboración de especificaciones para trabajos en campo
- C Levantamiento geométrico del estado real de la junta de expansión
- D Inspección in situ
- E Diseño conceptual del dispositivo de medición local
- F Diseño detallado del dispositivo de medición local
- G Elaboración de procedimientos de medición local
- H Preparación de la medición en campo
- I Especificaciones de fabricación del dispositivo de medición local
- J Fabricación del dispositivo de medición local
- K Medición en campo
- L Evaluación de resultados
- M Recomendaciones
- N Elaboración de procedimientos de reparación
- O Fabricación e instalación de elementos de reparación
- P Revisión del reporte de la compañía
- Q Elaboración del reporte final
- R Terminación del proyecto

#### RUTA CRITICA

----- Actividad crítica

<b>UNAM</b> ENEP ZARAGOZA INGENIERIA QUIMICA	
<b>TESIS PROFESIONAL</b>	
<b>ASIGNACION DE RECURSOS</b>	
Lydia Jiménez González	FIG. 3.13-C
Joaquín Alfonso Montoya Delgado	Escala 1:1 Fecha 15-03-85



#### ACTIVIDADES

- A Inicio del proyecto
- B Elaboración de especificaciones para trabajos en campo
- C Levantamiento geométrico del estado real de la junta de expansión
- D Inspección in situ
- E Diseño conceptual del dispositivo de medición local
- F Diseño detallado del dispositivo de medición local
- G Elaboración de procedimientos de medición local
- H Preparación de la medición en campo
- I Especificaciones de fabricación del dispositivo de medición local
- J Fabricación del dispositivo de medición local
- K Medición en campo
- L Evaluación de resultados
- M Recomendaciones
- N Elaboración de procedimientos de reparación
- O Fabricación e instalación de elementos de reparación
- P Revisión del reporte de la compañía
- Q Estimación del reporte final
- R Terminación del proyecto

----- ACTIVIDAD CRÍTICA

UNAM ENEP ZARAGOZA	
INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL	
ASIGNACION DE RECURSOS	
Lyda Jiménez González	FIG. 3.13-D
Joaquín Alfonso Montoya Delgado	Dibuj. N° 21-D
	Febo 15-03-85

Planeación de Recursos de Largo Rango.      a) Modelo SPAR-1 de J.D. Wiest.  
b) Modelo RAMPS.

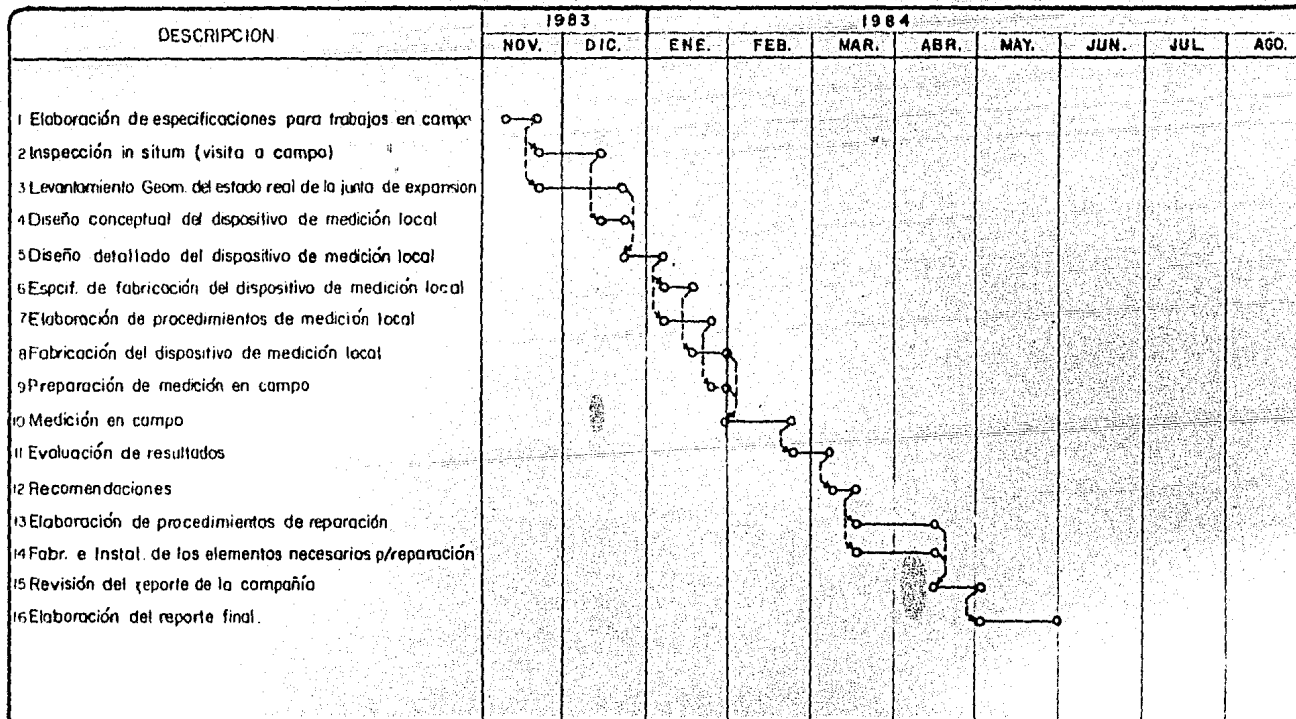
Asignación de Recursos a Proyectos Múltiples.      a) Método de McGee y Narkarian

### 3.9 Programa Final del Proyecto.

Finalmente, en base a la red del proyecto, se genera el programa del mismo, figura 3.14; que representa a las actividades al igual que el diagrama de Gantt, con la ventaja de que muestra la interrelación de las mismas, así como la duración de cada una, es decir, es una gráfica de tiempos e interrelaciones de las actividades a realizar; que sirve para dar una idea general del plan del proyecto al director del mismo.

### 3.10 Curvas o Gráficas de Avance.

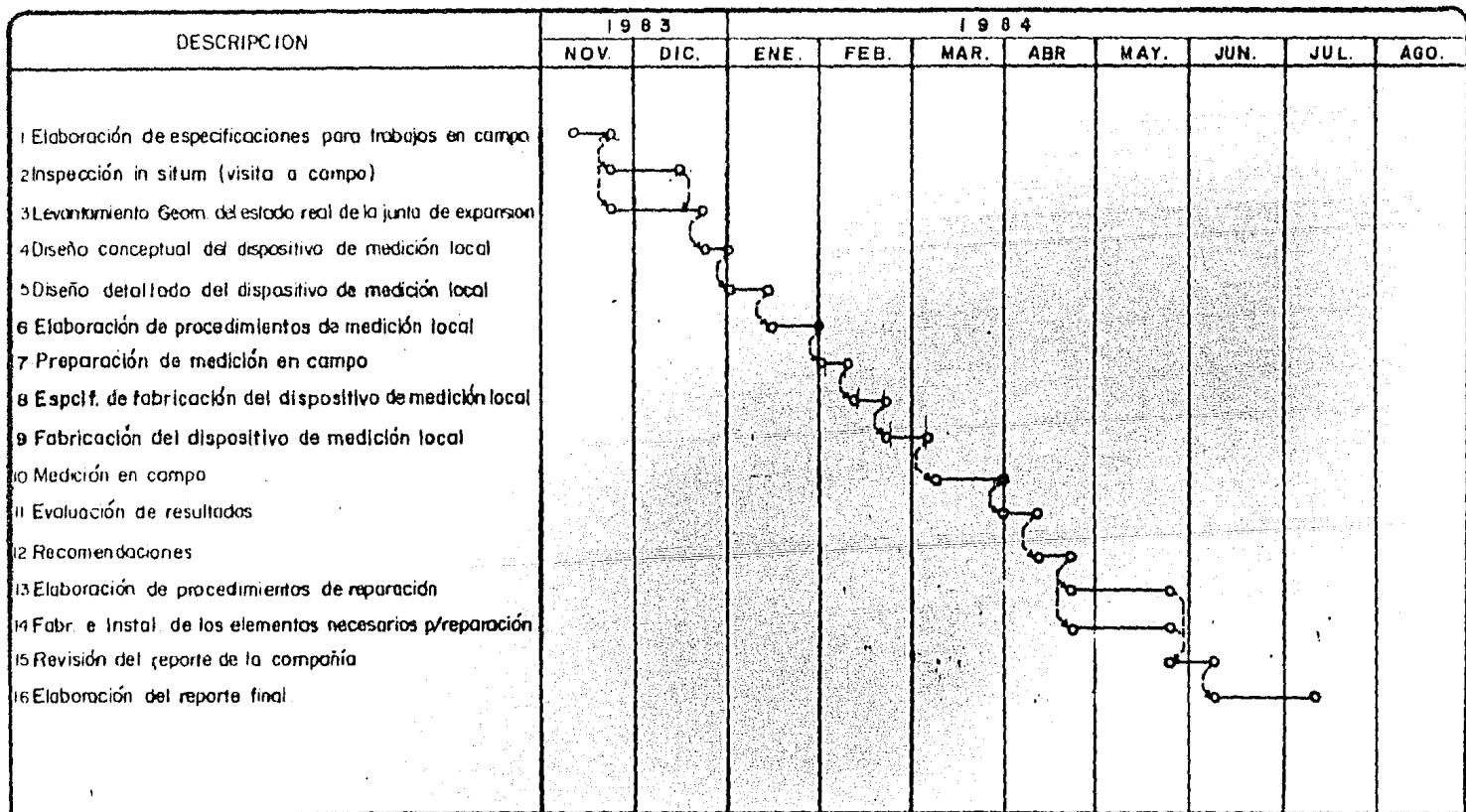
En esta serie de gráficas se puede apreciar la relación existente entre el porcentaje de tiempo consumido por el proyecto o avance, de acuerdo al programado, contra el tiempo real consumido, este tipo de información permite la visualización mas clara del tiempo consumido por el proyecto. La figura 3.15 refleja la curva programada del proyecto con el tiempo teórico que deberá tener. La figura 3.16 representa la vida del proyecto y su avance a la mitad del tiempo y finalmente, la figura 3.17 muestra la gráfica completa del proyecto, donde puede apreciarse la curva real con la programada y la diferencia existente en el



**CLAVES**

- INICIO /FINAL
- DURACION
- ↪ INTERRELACION

<b>UNAM</b>		ENEP ZARAGOZA	
		INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL			
PROGRAMA PROYECTO SIN ASIGNACION			
Lydia Jiménez González	FIG	3.14-A	
Joaquín Alfonso Montoya Delgado	Dibujo N°	22 A	
		Fecha 15-03-83	



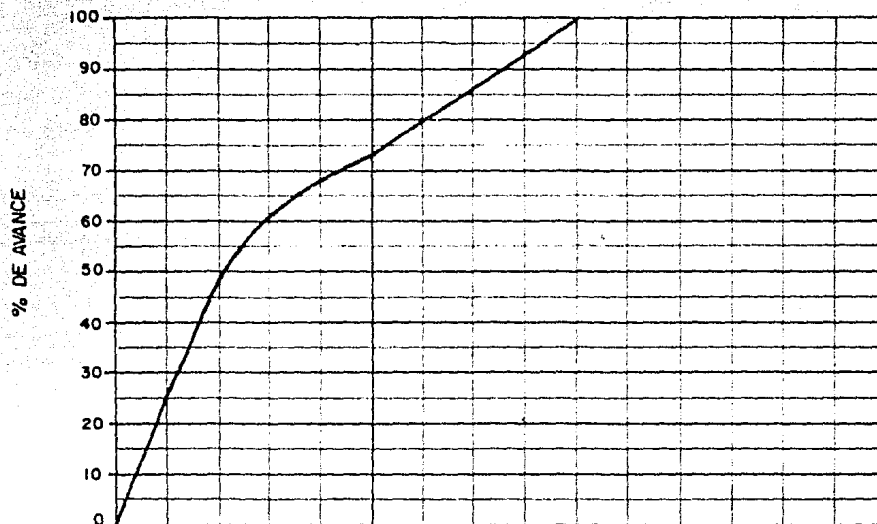
**CLAVES**

○ INICIO /FINAL

— DURACION

{ INTERRELACION

<b>UNAM</b>		ENEP ZARAGOZA	
		INGENIERIA QUIMICA	
<b>TESIS PROFESIONAL</b>			
PROGRAMA PROYECTO CON ASIGNACION			
Lydia Jiménez	115	3,14-B	
Gonzalez			
Joaquín Alfonso			Dibujos N° 22 B
Montoya Delgado			Fecha 15-03-85

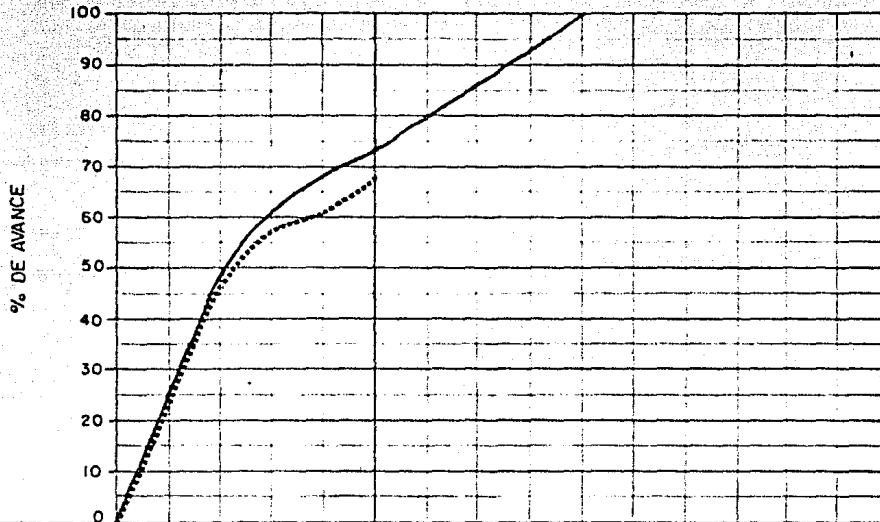


AÑO		I					II									
MES DEL PROYECTO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MES CALENDARIO		N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E
DATO MENSUAL	PROGRAMADO	25.0	48.0	61.0	68.0	73.0	80.0	86.0	93.0	100						
	REAL															
	DIFERENCIA															

Programado : \_\_\_\_\_  
 Real : .....

<b>UNAM</b>		ENEP ZARAGOZA	
		INGENIERIA QUIMICA	
<b>TESIS PROFESIONAL</b>			
<b>CURVA DE AVANCE PROGRAMADA</b>			
Lydia Jimenez		Fig. 3.15	
Gonzalez		Dibujo N° 23	
Joaquin Alfonso		Fecha. 15-03-85	
Montoya Delgadillo			



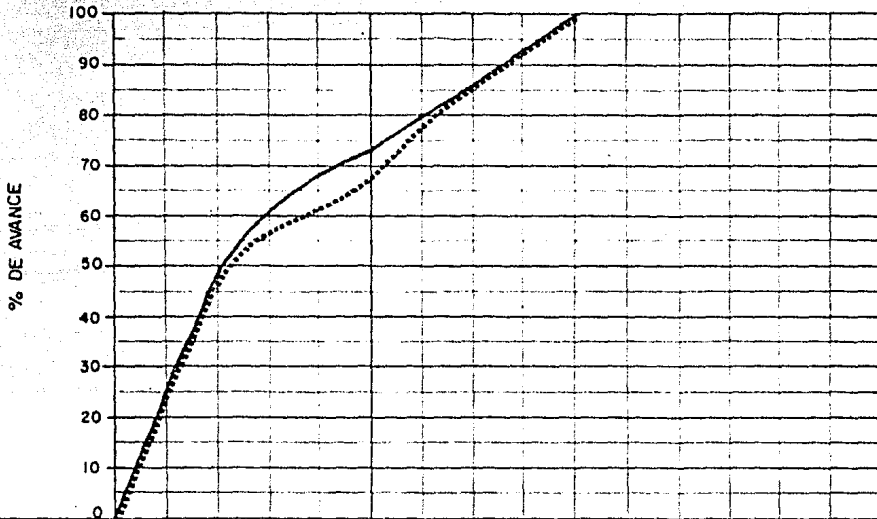


AÑO		I					II									
MES DEL PROYECTO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MES CALENDARIO		N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E
DATO MENSUAL	PROGRAMADO	25.0	48.0	61.0	68.0	73.0	80.0	86.0	93.0	100						
	REAL	25.0	48.0	58.0	60.0	68.0										
	DIFERENCIA	0	0	3.0	8.0	5.0										

Programado : \_\_\_\_\_

Real : .....

UNAM		ENEP ZARAGOZA	
		INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL			
CURVA DE AVANCE ACTUALIZADA			
Lydia Jimenez Gonzalez		Fig. 3.16	
Joaquin Alfonso Montoya Delgado		Dibujo N° 24	
		Fecha 15-03-85	



AÑO		I					II									
MES DEL PROYECTO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MES CALENDARIO		N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E
DATO MENSUAL	PROGRAMADO	25.0	48.0	61.0	68.0	73.0	80.0	86.0	93.0	100						
	REAL	25.0	48.0	58.0	60.0	68.0	78.0	83.0	93.0	100						
	DIFERENCIA	0	0	3.0	8.0	5.0	2.0	3.0	0	0						

Programado : \_\_\_\_\_  
 Real : .....

UNAM		ENEP ZARAGOZA	
		INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL			
CURVA DE AVANCE TOTAL			
Lydia Jimenez		Fig. 3.17	
González		Dibujo N° 25	
Joaquín Alfonso		Fecha: 15-03-85	
Montoya Delgado			

tiempo y en el avance de éste.

Esta gráfica, al igual que el programa del proyecto son de gran utilidad para el jefe o director del proyecto, por su sencillez y objetividad.

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES

#### IV. CONCLUSIONES.

Si bien las técnicas de administración empleadas no son las más recientes, si son las adecuadas para el proyecto en cuestión, debido a que proporcionaron resultados confiables.

Tanto el CPM, como el PERT son técnicas que tienen una base sólida en cuanto a sus estimados de tiempo, sobre todo PERT que no solo proporciona un estimado final o rígido, sino que toma más en cuenta la probabilidad de que se realice una tarea, y es por esto que estas técnicas se emplearán por algunos años más en la administración de proyectos.

Como se mencionó en el capítulo anterior, la técnica empleada para asignar recursos fue la de multiproyectos de McGee y Markarian, dicha técnica es muy recomendable porque no solo toma en cuenta proyectos individuales, sino que puede emplearse cuando se tienen varios proyectos, como es el caso de una firma de ingeniería, y el caso del proyecto de la curva de expansión que se trabajó aquí.

Por tanto, las técnicas que se ocuparon para la administración del proyecto, tanto a nivel de planeación estratégica como de planeación de operaciones, son eficientes porque permiten y brindan una gran ayuda no solo al administrador del proyecto, sino que a todo el personal involucrado en él, por la visualización que ofrecen algunas de ellas, como el Programa del Proyecto, las Curvas de Avance y la Red o Diagrama de Flechas.

En cuanto al paquete administrativo desarrollado, ofrece resultados confia-

bles y muestra claramente todos los datos necesarios para el programa del proyecto, como los tiempos tardíos y tempranos de iniciación y terminación de cada actividad, la ruta crítica y la probabilidad que tiene cada una de ellas de terminarse a tiempo.

Pero como todo paquete, este también tiene ciertas limitantes, como son el manejar un proyecto a la vez, el número máximo de actividades por proyecto es de 999, y no efectúa la evaluación de costos por actividad en base al tiempo y/o recursos, estos datos tienen que alimentarse y por esto, los resultados que aparecen en las salidas de dicho paquete sin asignación de recursos y con asignación de recursos, son los mismos, con lo cual se muestra dicha limitante.

Aún con estas limitantes, el paquete puede emplearse confiablemente para la administración de proyectos.

Prueba de su confiabilidad está en la comparación de los resultados arrojados con el paquete OPTIMA, los cuales no difieren en lo absoluto.

Ahora bien, la integración propuesta se llevó a cabo en base a programas de enlace, los cuales son capaces de obtener la información básica requerida de un programa, paquetes de programas o sistemas ya establecidos (paquete OPTIMA), y transformarla a datos comprensibles de acuerdo al plan fijado.

La integración consta de tres fases, de acuerdo al tipo de información y del

nivel de detalle que se plantea:

- a) Fase Preliminar
- b) Fase de Detalle
- c) Fase de Supervisión y Control

Fase Preliminar.

Es la fase del sistema que tuvo como objetivo dar las bases suficientes para situar de acuerdo a los recursos, el inicio y terminación de un proyecto.

Fase de Detalle.

En esta etapa del sistema, se obtuvo un estimado definitivo del comportamiento de un proyecto basado en las actividades detalladas involucradas en el desarrollo del mismo.

Fase de Supervisión y Control.

El objetivo de esta etapa fue llevar a cabo la actualización mensual de las curvas de avance y diagramas obtenidos en las otras dos fases.

Es notorio, que conforme avanza un proyecto, los estimados se acercarán más a la realidad, y al finalizar será otro dato estadístico el usado para revisar y mejorar las curvas iniciales y los factores de ponderación utilizados.

Con la integración total propuesta, se obtuvieron en corto tiempo y con muy pocos datos las bases suficientes para una adecuada y rápida toma de decisiones.

Con las curvas y diagramas obtenidos se lograron pronosticar, además de los recursos requeridos, el tiempo calendario donde sería posible o necesario horas extras de trabajo de acuerdo al plan de trabajo.

El comportamiento de la asignación de recursos, en un momento dado, regirá -- las políticas de crecimiento de una empresa, de aquí la importancia de un pronóstico lo más confiable posible.

De acuerdo a lo anterior el desarrollo de un paquete modular para administración de proyectos puede ser tan específico o general como se quiera, es decir, puede solamente tener un objetivo particular de acuerdo a los intereses de la firma de ingeniería que lo elabore o bien si este programa es elaborado fuera de la firma tendrá como objetivo un rango más amplio de aplicación dados los conocimientos y experiencias del programador en sí.

Ahora bien, si la decisión es usar un paquete administrativo ya existente y/o la adquisición de uno será necesario conocer la operación, el mercado y la -- oferta de éstos, así como la disponibilidad de los sistemas de cómputo necesarios para el manejo de los mismos, esto es preguntarse si el soporte computacional con que se cuenta puede satisfacer esta demanda o es necesario adquirir - dicho soporte.

Desde el punto de vista tiempo, recursos humanos y costo será necesario determinar de la manera más objetiva y real la cantidad de los mismos, tanto para la elaboración del programa (ya que esta opción consume mucho tiempo no cum--



plirá, tal vez, con las necesidades a corto plazo) como para capacitar al personal que manejará el paquete en cuestión.

Por lo tanto, se puede asegurar que en México la elección entre el desarrollo y la adquisición de un paquete administrativo se hará de la siguiente forma: Si se trata de una firma de ingeniería, la decisión obvia será la adquisición del paquete, dado que el objetivo de la empresa es la realización o ejecución de proyectos.

En el caso de ser una institución gubernamental o académica que cuenta habitualmente con sistemas de cómputo bien soportados, el camino a seguir será el conocimiento de dicho soporte, esto es, investigar si los sistemas cuentan con un paquete administrativo, que de ser así, el objetivo será el aprendizaje, conocimiento, manejo, implementación, ampliación y/o modificación del mismo de acuerdo a las necesidades de este tipo de instituciones.

Cuando el planteamiento surge a nivel de investigación, el objetivo primordial será el desarrollo del mismo, contemplando la posible comparación con un paquete existente, ya que aquí no se estará influenciado por el factor tiempo.

Como ya se mencionó, el presente trabajo muestra la generación y comparación de dos paquetes administrativos, uno ya existente (OPTIMA) y uno desarrollado, con lo cual se cumplieron los objetivos que se marcaron al inicio del mismo, y a su vez, estos paquetes pueden ser integrados para dar salidas con mayor precisión y objetividad al incorporar la técnica PERT a las de CPM/PDM que emplea OPTIMA.

A P E N D I C E "A"

## TECNICAS ADMINISTRATIVAS DE PROGRAMACION Y ASIGNACION DE RECURSOS.

Para cumplir con los objetivos anteriores, es necesario dar una breve explicación sobre los antecedentes de las técnicas que se han desarrollado para la obtención de planos y programas de proyectos, que básicamente son: (Figura -- A.1).

1. Diagramas de Gantt.
2. Critical Path Method (CPM).
3. Project Evaluation and Review Technique (PERT).
4. Precedence Diagramming Method (PDM).

### A.1 Diagramas de Gantt o Diagramas de Barras.

Estos se encuentran como uno de los primeros intentos para la obtención de calendarios de proyectos. Son gráficas donde se realiza la planeación y la programación al mismo tiempo, ya que la longitud de la barra indica la duración de la actividad que se representa en unidades de tiempo homogéneas.

El inconveniente que presentan es debido a que no se puede representar el retraso de las actividades, ni determinar la forma para evitar que la duración del proyecto se altere.

Los métodos CPM, PERT y PDM son técnicas de evaluación de trayectorias de redes de actividades, basadas en la teoría de planificación de redes, aplicada a la resolución de problemas en los que se presentan rela

TECNICAS DE  
ADMINISTRACION DE  
PROYECTOS

GRAFICA

DIAGRAMA DE BARRAS

GANTT TRADICIONAL  
GANTT CON PRECEDENCIAS

DIAGRAMAS DE REDES

PERT  
CPM  
PBM  
OTRAS

LINEA DE BALANCE

HISTOGRAMA  
CURVA DE AVANCE

EMPLEADAS  
EN LA  
PLANEACION

LINEAL

METODO SIMPLEX  
"C. B. DANTZING"

METODO DE ASIGNACION

EMPLEADAS  
EN LA  
PROGRAMACION

METODO DE TRANSPORTE  
O DISTRIBUCION

UNAM ENEP ZARAGOZA  
INGENIERIA QUIMICA  
TESIS PROFESIONAL  
FIG. A.1

Lyaia Jimenez  
Gonzalez  
Jose Luis Alfonso  
Montoya Benavente  
Dibujo No. 2.6  
Fecha: 15-03-85

ciones de prioridad, es decir, donde la sucesión de las actividades debe obedecer reglas precisas.

#### A.2 Critical Path Method (CPM) (7,23,26,27,28,36,38 y 45).

El método del camino crítico separa el proceso de planeación del de programación, consistiendo el primero en un análisis de las actividades -- que intervendrán en el proyecto, así como el orden que deberán guardar entre sí, y el segundo consiste en estimar las duraciones de las tareas con el mínimo de recursos necesarios.

Se basa en un diagrama de flechas, donde las flechas representan las actividades del proyecto, obteniendo a partir de él, las holguras de cada una de ellas, que viene a ser una medida de la importancia de cada una de ellas, cuando el valor de la holgura total de una actividad es cero, se dirá que es una actividad crítica, por lo que para el control del -- proyecto, será necesario determinar las actividades que forman la ruta crítica. (7, 27, 38 y 45).

A partir de esta red, se obtienen también programas de barras, pero con la ventaja de tener para cada actividad, una medida de su criticalidad. Además, por este método se pueden programar las actividades no críticas en base a los recursos disponibles para el proyecto sin alterar la duración total del mismo.

#### A.3 Project Evaluation and Review Technique (PERT) (30, 33 y 45)

La técnica de evaluación y revisión de proyectos está basada en el diagrama de flechas. Con él se obtiene la trayectoria crítica de un proyecto pero a diferencia de CPM, es con tiempos esperados, es decir, incluye un enfoque probabilístico, en donde no hay antecedentes suficientes para especificar con exactitud la duración de las actividades.

PERT emplea para cada actividad el tiempo esperado ( $t_e$ ), junto con una medida asociada de incertidumbre, que puede expresarse como la desviación estándar ( $V_t^2$ ) o como la varianza ( $V_t$ ) de la duración. La duración total del proyecto se calcula por medio de la red sumando la duración estimada de las actividades críticas. La varianza total se toma como la suma de las varianzas de las actividades críticas. En esta técnica se tiene como ventaja trabajar con una versión más factible del programa del proyecto ya que no se harán esfuerzos vanos para cumplir con una fecha muy corta, excenta de realismo.

Posteriormente han surgido técnicas derivadas de este método entre las cuales se pueden citar al PEP (Program Evaluation Procedure) que en sí un cambio de nombre del PERT que adoptó la Fuerza Aérea. John E. Hasten de la fuerza aérea de Detroit, desarrolló una aplicación manual llamada PEST (Progress Evaluation and Surveillance Technique). Al igual que los métodos modernos como PERT-COST, RAMPS (Resource Allocation and Multi-Project Scheduling), etc.

En resumen, la planeación se lleva a cabo de igual forma que en CPM, y-

la programación consiste en estimar duraciones de las actividades en -- sentido determinístico, así como probabilístico, en el caso donde no ha ya antecedentes suficientes para especificar con exactitud la duración de las mismas.

#### A.4 Precedence Diagramming Method (PDM) (12).

Método de diagrama de precedencias o diagrama de actividades en nodo, - desarrollado para la construcción de redes de proyectos y su evaluación, el cual parece tener ciertas ventajas sobre los métodos tradicionales.- El concepto básico es que las actividades (no los eventos) se colocan - dentro de un círculo o cuadro y las dependencias entre actividades se - muestran con líneas o flechas, siendo éstas solo conexiones lógicas de - duración cero, por lo que no existen las actividades ficticias como ta- les.

La holgura total de una actividad representa lo mismo que para PERT y - CPM, así también las actividades con holgura total cero, formarán la ru - ta crítica.

Ventajas del método:

- a) Eliminación de las actividades ficticias o restricciones.
- b) Simplificación de la red mediante la eliminación de eventos.
- c) Habilidad de mostrar tiempos de inicio o de espera, lo que implica - reducción de actividades en la red.

Desventajas:

- a) Elimina eventos, que para muchas aplicaciones son importantes.
- b) No se pueden integrar varias redes.
- c) Para su realización, se necesitan programas especializados de computadora.
- d) El trazo y el seguimiento de rutas es difícil, ya que las uniones por eventos no está presente.

En resumen, estas técnicas se pueden entender mejor de la siguiente forma: (Ver figura A.2).

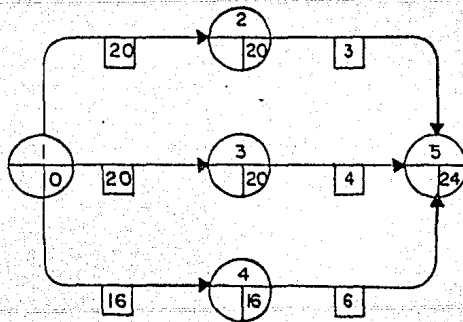
#### A.5 Algoritmos de Cálculo de los Parámetros Empleados en PERT.

\* Cálculo de tiempos tempranos (TE) \*

1. Al evento inicial se le coloca TE=0



2. Vaya al evento de menor numeración cuyo TE no esté calculado.
3. Sume la duración de cada actividad que termina en ese evento al TE de su evento inicial.
4. Anote como TE de ese evento la mayor de las sumas obtenidas.



5. ¿Es éste el evento final de la red?. Si no lo es regrese al punto-



	C P M	P E R T	P O M
OBJETIVO	Disminución del costo del proyecto	Estimación correcta de la duración de un proyecto	Mayor interpretación de las interrelaciones del proyecto
INFORMACION REQUERIDA	a) Tiempo por actividad	a) Tiempo pesimista	a) Tiempo por act.
	b) Costo por actividad	tiempo optimista	b) Separamiento de
	c) Interrelaciones	tiempo probable por actividad	interrelaciones
		b) Interrelaciones	
CONSTRUCCION DE LA RED	a) Actividades sobre flechas	a) Importancia a eventos	a) Actividades sobre nodos
	b) Admite un solo final	b) Admite varios finales	b) Interrelaciones sin duración

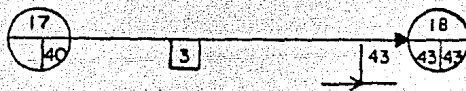
TABLA COMPARATIVA DE TECNICAS ADMVAS.

UNAM	ENEP ZARAGOZA
INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL	
FIG. A 2	
Lydia Jimenez Gonzalez	Dibujo No. 27
Joaquin Alfonso Montoya Delgado	Fecha: 15-03-85

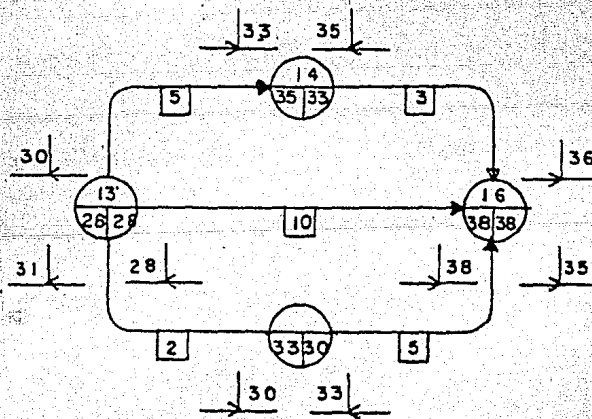
número 2.

\* Cálculo de tiempos tardíos (TL) \*

1. Asigne al evento final de la red el tiempo  $TE_{final}$  obtenido.  $TL_{final} = TE_{final}$ .



2. Vaya al evento de mayor numeración cuyo TL no esté calculado.
3. Reste la duración de cada actividad que comienza en ese evento al TL de su evento final.
4. Anote como TL de ese evento la menor de las restas obtenidas.



5. ¿Es éste el evento inicial de la red?. Si no lo es regrese al punto-número 2.

\* Cálculo de la holgura total de una actividad (HT) \*

1. Reste al valor de TL del evento final, el valor de TE del evento -- inicial y la duración de la actividad.
2. Si el valor obtenido es igual a cero, la actividad es crítica.
3. Pero si el valor obtenido no es igual a cero, la actividad no es -- crítica.

$$\text{Esto es: } TL_{\text{evento final}} - TE_{\text{evento inicial}} - \text{DURACION}$$

\* Cálculo de la holgura libre de una actividad (HL) \*

1. Reste al valor de TE del evento final, el valor de TE del evento -- inicial y la duración.
2. Si el valor obtenido es igual a cero, la actividad no puede retra-- sarse porque si la actividad no es crítica, puede convertirse en --- crítica.

$$HL = TE_{\text{evento final}} - TE_{\text{evento inicial}} - \text{DURACION}$$

#### A.6 Construcción del Diagrama de Precedencias.

En este diagrama las actividades se colocan dentro de un círculo o cuadro, y las dependencias entre actividades se muestran con flechas. Las conexiones entre actividades solo son conexiones lógicas de duración ce ro.

Dentro de este método de programación de proyectos se pueden tener cua- tro tipos de dependencias de predecesor-sucesor entre las actividades, - los cuales se detallan a continuación.

1. Dependencia Final-Inicio (FS).

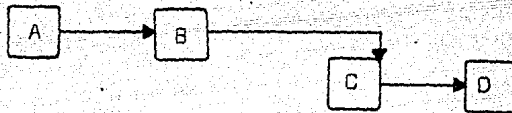
En este caso la precedencia de una actividad debe terminar antes de que pueda iniciar dicha actividad.



La actividad B no puede iniciar hasta que termine la actividad A.

2. Dependencia Final-Final (FF).

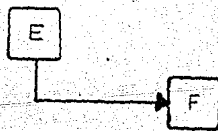
Aquí la terminación de la precedencia de una actividad puede ser anterior u ocurrir al mismo tiempo que el final de la actividad.



La actividad D termina cuando la actividad C también finaliza.

3. Dependencia Inicio-Inicio (SS).

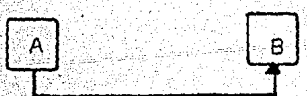
Aquí el inicio de la precedencia puede ser anterior u ocurrir al mismo tiempo que la actividad analizada.



La actividad F inicia cuando inicia la actividad E.

4. Dependencia Inicio-Final (SF).

En este tipo, el inicio de la precedencia puede ser anterior o al mismo tiempo que el final de la actividad.



A.7 Asignación de Recursos.

#### A.7.1 Métodos de Nivelación de Recursos Ilimitados.

##### A.7.1.1 Método de Nivelación de R. L. Martino (30).

En la mayor parte de las actividades se tienen dos tipos de fuerza de trabajo generalizadas. El primer tipo es una fuerza fija de personal clave que, a causa de su habilidad y conocimientos especiales, debe conservarse, aún cuando no se ocupe; de lo contrario, no se podrá contar con éste cuando se le requiera. Si no se mantiene un control adecuado de este tipo de recursos se provocará que en determinados periodos de tiempo, éste quedará sin ocupación.

En los proyectos de construcción, generalmente se tiene otro tipo de fuerza de trabajo, la variable. Este tipo está representado por trabajadores no especializados que pueden contratarse o despedirse sin que se tenga continuidad y por tanto, también es deseable que se controle, y en forma óptima sería que se incrementara gradualmente hasta un límite cercano a la finalización del proyecto, para que una vez que terminara, el grupo de gente se trasladara íntegramente a otros proyectos.

Realmente el tipo de proyectos requieren de los dos tipos de fuerza de trabajo, el fijo y el variable.

La nivelación debe contener 3 tipos: fijo, variable y una com

binación de éstos. Es de interés nivelar más de un recurso y además, nivelar cualquier combinación de recursos entre varios proyectos que se desarrollen simultáneamente.

Cuando los recursos no están restringidos, se puede esperar - que se cumpla con la duración total del proyecto que se tenía planeada.

Lo que se requiere para ello es buscar la posibilidad de una solución más nivelada y para lograr este objetivo se debe man tener la duración total del proyecto sin restringir el número de hombres, la única restricción es no asignar recursos en forma dentada.

El procedimiento puede plantearse así:

1. Todas las actividades que sean inicialmente críticas se - programan primero y cualquier otra actividad que subse- - cuentemente se haga crítica se programa de inmediato.
2. Las actividades no-críticas se programan de tal manera -- que exista un máximo único. Esto se hace:
  - Iniciando actividades cuando ocurra una disminución de la fuerza humana programada, hasta que llegue al máxi- mo.
  - Después de que se llegue al máximo, iniciar activida-- des de modo que no se desarrolle un efecto de diente -

de sierra, (recursos en pico).

Como alternativa se pueden formular programas en los cuales se logre una eficiencia mayor de la fuerza de trabajo sin llegar al límite fijo, cuidando de no elevar los costos al incrementar el número de recursos para aumentar la eficiencia.

#### A.7.1.2 Método de Nivelación de A. R. Burges. (3)

Este método utiliza una medida de la efectividad dada por la suma de los cuadrados de los requerimientos de recursos para cada "día" en el programa del proyecto. Es fácil mostrar que aún cuando la suma de los requerimientos de recursos diarios sobre el proyecto es constante para todos los programas completos, la suma de los cuadrados de los requerimientos diarios decrece como los picos de los recursos son recortados para llenar los valles. Además, esta suma alcanza un mínimo para un programa que está al nivel, o muy cercano al nivel obtenido para el proyecto en cuestión. Este procedimiento está dado por los siguientes pasos:

1. Enliste las actividades del proyecto en orden de precedencia por arreglo de los números de la punta de las flechas en orden ascendente, y cuando 2 o más actividades tienen el mismo número en la cabeza, liste aquellas tal que los números de las flechas de las colas también estén en or--

den ascendente. Adicionando a esta lista la duración, la iniciación más próxima, y los valores de las holguras para cada actividad.

2. Comenzando por la última actividad, programarla para dar la menor suma total de los cuadrados de requerimientos de recursos para cada unidad de tiempo. Si más de un programa da la misma suma total de cuadrados, entonces programe la actividad tan tarde como sea posible para obtener la suficiente holgura como sea posible en todas las actividades presentes.
3. Manteniendo la última actividad fija, repita el paso 2 en la actividad siguiente a la última en la red, teniendo -- ventaja de cualquier holgura que podría haberse puesto -- disponible para ello en la reprogramación del paso 2.
4. Continúe el paso 3 hasta la primera actividad en la lista que se ha considerado, esto completa el primer ciclo de reprogramación.
5. Lleve a cabo los ciclos de reprogramación por repetición de los pasos 2 al 4 hasta que ninguna reducción posterior en la suma total de los requerimientos de recursos sea posible, teniendo en cuenta que el movimiento de una actividad solamente a la derecha (programarla mas tarde) es permitido bajo este esquema.
6. Si este o estos recursos son particularmente críticos, repita los pasos 1 al 5 en un orden diferente de las actividades.



dades, las cuales, por supuesto debe generar la lista de las actividades en orden de precedencia.

7. Elija el mejor programa de los obtenidos en los pasos 5 y 6.
8. Haga los ajustes finales al programa elegido en el paso 7, tomando en cuenta los factores no considerados en el procedimiento básico de programación.

#### A.7.1.3 Método de Nivelación de J. D. Wiest. (43)

El procedimiento consiste de los siguientes 6 pasos:

1. Programar todos los trabajos en la iniciación mas próxima, y graficar los requerimientos en cada grupo para cada día.
2. Calcule los requerimientos pico de fuerza de trabajo en cada grupo, y fije los "niveles de disparo" para todos los grupos una unidad abajo de sus respectivos picos.
3. Una vez que se inician las actividades programadas en el orden tecnológico, calcule las cartas de carga de fuerza de trabajo simultáneamente. Pare cuando el nivel de disparo de cada grupo (llamado S) se exceda.
4. Examine los trabajos que están en el día pico en el grupo S. Recopile una lista de trabajos los cuales tengan suficiente holgura para moverlos más allá del día pico sin retrasar la fecha de terminación, y arreglarlas en orden descendente de su holgura total. Escoja uno de estos trabajos (por un proceso de selección que favorece el trabajo-

mayor en la lista\*), y moverla a la derecha en la carta de programación un número aleatorio de días entre el mínimo movimiento necesario para prever la actividad después del día pico y el máximo movimiento permitido por su holgura total.

5. Continúe con la programación de otras actividades y grafique la carga de fuerza de trabajo. Si se generan picos adicionales, aplique el paso 4. Si todas las actividades son programadas sucesivamente, entonces disminuya los niveles de disparo de todos los grupos una unidad más y regrese al paso 3. Si el cambio de la actividad no es exitoso para remover picos bajo niveles de disparo, entonces realmacene el grupo previo de niveles factibles de disparo.

\* El procedimiento de selección contiene elementos aleatorios y opera como sigue: con una probabilidad de  $p \neq 0$ , seleccione la primera tarea en la lista para la operación deseada. Si la primera actividad no se selecciona, se coloca al fondo de la lista y se selecciona la segunda (del principio) actividad con la misma probabilidad  $P$ . Finalmente una actividad será seleccionada, tal que  $P$  sea mayor que cero. La probabilidad de seleccionar cualquier actividad en ensayos repetidos es una función de  $P$  y el número de actividades en la lista,  $N$ . Esto es, la probabilidad de seleccionar la  $i$ -ésima tarea es  $(P(1-P)^{i+1}/1-(1-P)^N)$ .

ro e intente reducirlo grupo por grupo. Como no es posible fomentar la reducción en los niveles de disparo, entonces imprima la programación.

6. Repita el proceso anterior (tantas veces como sea computacionalmente posible). A causa de los elementos aleatorios en el programa, es probable que resulten programas diferentes de cada aplicación del programa. Seleccione como programa final el que tenga los costos de fuerza de trabajo menores (el cual se asume proporcional a los niveles de disparo, por ejemplo suficientes hombres contratados para satisfacer las cargas de pico y pagados ya sea que estén ociosos o activos en todos los días).

#### A.7.2 Métodos de Asignación de Recursos Limitados.

##### A.7.2.1 Método de Asignación de R. L. Martino. (30)

El procedimiento básico de asignación es un método de programación de la producción y del trabajo, en el que se balancean los recursos necesarios con los disponibles en un momento dado. La primera etapa es asignar un único recurso con límite fijo, para después efectuar la asignación de recursos múltiples a proyectos complejos.

Para este procedimiento es necesario tomar en cuenta una serie de reglas o pasos de programación.

1. Divida los días-hombre de trabajo requeridos entre la dura

ción del proyecto. Si resulta un número entero, úselo. - Si queda un residuo seleccione el siguiente número entero.

2. Se da prioridad a las actividades que tengan el mismo tiempo de iniciación. Se asigna precedencia de acuerdo a las siguientes pruebas, y en el orden indicado:
  - Margen total mínimo (medida de la criticidad).
  - Mayor necesidad de recursos en conjunto.
  - Código de Secuencia.

Cada prueba se usa solamente si los resultados de la prueba precedente provocan un empate.

3. El reloj se pone inicialmente en el tiempo 0. Se hace -- avanzar por unidades de tiempo cuando, ya sea el trabajo o los recursos, se agotan en la posición considerada. El reloj avanza sin detenerse hasta que se encuentra en un punto donde: (a) existan recursos y (b) puede iniciarse un -- trabajo.
4. A medida que las actividades se programan y que el reloj -- avanza, los tiempos de iniciación más próximos posibles de algunas actividades, incluyéndose las ficticias, pueden re -- sultar afectadas por falta de recursos o por un retraso en la iniciación de alguna actividad precedente. En tales -- casos, deben cambiarse los tiempos más próximos de todas las actividades afectadas; lo cual puede originar cambios -- en las marcas de los eventos.
5. En cualquier posición del reloj, cualquier actividad fic-

ticia que pueda iniciarse se programa inmediatamente, aún antes de considerar las prioridades de actividades reales. (Se supone que se ha ajustado el "tiempo de iniciación" de la actividad ficticia, si es que ha resultado afectado por un retraso en la iniciación de alguna actividad precedente).

6. En cada posición del reloj se asignan recursos de acuerdo a la prioridad. Si los recursos disponibles son suficientes para la actividad con prioridad, se programa esa actividad. Si los recursos son insuficientes, se asignan a la actividad con la prioridad siguiente y así sucesivamente, hasta que una actividad se programe o el reloj avance. Si, en una posición específica del reloj, los recursos son insuficientes para iniciar cualquiera de las actividades, entonces ninguna actividad puede iniciarse en esa posición o tiempo del reloj.

Este hecho aislado es suficiente para hacer avanzar el reloj.

El empleo de estas 6 reglas solo aplica a la asignación de recursos con límite fijo. Esta situación no es verdaderamente representativa en la realidad por las siguientes razones:

- Se requería un hombre por cada actividad solamente.
- Era posible una respuesta perfecta, o sea que el límite

fijo era asignado de tal modo que la duración del proyecto no se prolongue más allá del valor de E del último evento. Más aún, el porcentaje de fuerza efectiva, que mide la fuerza programada dividida entre la fuerza disponible, resultaba ser del 100%.

Por tanto, es necesario formular otra regla que considere el hecho de que el programa obtenido sobrepase la duración del proyecto por las limitaciones de recursos.

7. Cuando se excede la duración del proyecto, todas las actividades se consideran críticas y las prioridades se asignan de acuerdo a esta condición. El programa resultante se acepta, si resulta mejor que el antes encontrado con medios convencionales.

El caso de considerar todas las actividades como críticas puede no ser un criterio adecuado ya que se pueden presentar casos en los cuales no todas las actividades cuentan con recursos disponibles con respecto a los programados, es por ello que debe tomarse en cuenta la siguiente regla:

8. No importa cuales sean los valores del margen total o de días-hombre, debe darse preferencia a las actividades que no terminen con el último evento, siempre y cuando el hacerlo no prolongue la duración del proyecto. Dentro de los proyectos, es raro el hecho de que se emplee únicamente un solo tipo de recurso, puesto que por lo general in-

tervienen recursos de diferentes tipos.

La programación para este tipo de proyectos sigue las reglas para programar recursos únicos pero con las siguientes modificaciones:

1. Cada recurso tendrá su propio reloj.
2. El límite fijo debe establecerse para cada tipo de recurso.
3. Se maneja un reloj del proyecto, que opera conjuntamente con los relojes de los recursos.

Resumiendo, los proyectos que requieran solamente un tipo de recurso en cualquier actividad (p. ej. un soldador), pero que usen más de un tipo de recurso a lo largo del proyecto (otros recursos aparte de los soldados), se programan como sigue:

1. Determine, separadamente, el límite fijo de cada tipo de recurso.
2. Establezca un reloj para cada tipo de recurso y para el proyecto en conjunto.
3. En cualquier posición del reloj, use todas las reglas de asignación previamente establecidas, actualizando todos los relojes a medida que el proceso avance, usando el reloj del proyecto como un instrumento maestro de control del tiempo.

Dentro de los proyectos se pueden tener actividades en las

cuales la duración puede variar y por tanto, habrá variación en la cantidad de recursos, esta duración puede depender de:

- a) Las horas-hombre requeridas de trabajo.
- b) La variación de la cuadrilla que proporcione una eficiencia máxima.
- c) Una disminución del tamaño de la cuadrilla, considerada con eficiencia máxima, causa un alargamiento en la duración del proyecto y aumento del costo por la disminución de la eficiencia.
- d) Un aumento del tamaño de la cuadrilla causa un efecto de compresión y congestión.
- e) Un incremento mayor en el tamaño de la cuadrilla ocasiona el caos y desperdicio de horas-hombre por la congestión.

La programación de cuadrillas variables se da por las siguientes reglas:

1. Establezca todas las duraciones en su valor mínimo.
2. Programe primero todas las actividades críticas.
3. Asigne la fuerza humana restante a las actividades no críticas, usando las reglas de prioridad previamente establecidas, y donde sea necesario, varíe el tamaño de la cuadrilla con el fin de lograr una nivelación.

En los proyectos reales la complejidad aumenta y es usual



que se requieran más de un tipo de recursos por actividad, esto es, que las actividades requieran diferentes combinaciones de los tipos de recursos fijos y variables, o sea, recursos mixtos.

Para realizar la asignación de este tipo de recursos se debe hacer uso de relojes múltiples y de la técnica de encadenamiento. La técnica de encadenamiento consiste en programar las actividades que ocupen un mismo recurso, y éste se vaya a emplear por un periodo de tiempo corto, pero en varias actividades, en forma secuencial lo más apegado posible.

#### A.7.2.2 Método de Asignación de Recursos de J.J. Moder y C.R. Phillips. (33).

Para llevar a cabo este procedimiento se definen dos grupos de actividades. Primero, las actividades cuyas predecesoras son todas programadas y llamadas el Grupo de Actividades Elegibles (EAS). Ahora, ya que se está en el tiempo, a una unidad de éste, se está listo para considerar a todas las actividades con un tiempo de iniciación más próximo menor o igual al tiempo  $T$ . Estas actividades son ordenadas primero con la mínima holgura y ya con este criterio, después se ordenan con la duración mínima. Esta lista de actividades está referida como el Grupo Ordenado de Programación (OSS).

Para simplificar la contabilidad en este procedimiento de programación, las actividades serán ordenadas de acuerdo a su tiempo de iniciación más lejano (LS). La ordenación obtenida con esta regla es idéntica la ordenación obtenida usando la holgura (S). Sin embargo, usando los valores de LS se tiene la ventaja de que no cambian de un período de tiempo a otro, mientras que los valores de holgura, continuamente decrecen para una actividad que está lista para programarse, pero no se programa en cualquier día dado.

Ahora considere las actividades en el grupo OSS, en el orden listado y programe aquellas actividades para las cuales hay suficientes recursos disponibles para la duración de las actividades. Como las actividades son programadas, se actualiza el nivel de recursos disponibles, y se actualizan los miembros del grupo EAS.

### A.7.3 Planeación de Recursos de Largo Rango.

#### A.7.3.1 El Modelo SPAR-1 de J. D. Wiest. (43).

En su aproximación básica, el modelo se enfoca en recursos disponibles, al cual asigna seriamente, período por período, a las tareas listadas en orden de sus tiempos de iniciación más reciente. Las tareas son programadas, empezando con el primer período, por selección de la lista de aquellas corrientemente disponibles y ordenadas de acuerdo a su holgura total (la cual

está basada en restricciones tecnológicas solamente y asignaciones normales de recursos). Las tareas más críticas tienen la mayor probabilidad de programarlas primero\*, y muchas son programadas como la disponibilidad de recursos lo permitan. Si una tarea disponible falta de programarse en ese período, se intenta programarla al siguiente período. Eventualmente todas las actividades así propuestas se vuelven críticas y se mueven al principio de la lista de prioridad de las tareas -- disponibles.

#### A.7.3.2 Modelo RAMPS. (25 y 35)

RAMPS (Resource Allocation and Multi-Project Scheduling), es

\* Las tareas en la lista son examinadas secuencialmente. Cada actividad tiene una probabilidad  $r$  (donde  $r$  es un parámetro de entrada) de ser considerada para programarla. Si una tarea se omite, la siguiente se considera con probabilidad, y así sucesivamente. Las demás actividades en la lista se registran y antes de omitirlas se reconsideran. El registro se repite hasta que todas las actividades se han considerado. Los elementos probabilísticos en el programa proporcionan algunas aleatorizaciones de las asignaciones a tareas y la producción idónea de diferentes programas en aplicaciones repetidas del modelo para un proyecto. Esto es, un número de diferentes programas pueden generarse, y se elige el mejor de ellos.

una herramienta que también ejerce funciones de control de -- proyectos, el procedimiento que sigue es el siguiente:

El primer cálculo que RAMPS hace en su procedimiento con da-- tos de entrada produce un tiempo flotante para cada tarea, ba-- sado en el tiempo de terminación deseado para cada proyecto.- El programa entonces avanza en períodos de tiempo iguales has-- ta que el número total deseado de períodos de tiempo ha sido-- cubierto. En cada período de tiempo el sistema examina todas las tareas disponibles para la asignación de cada recurso en-- turno. Si el trabajo total disponible es menor que la dispo-- nibilidad de recursos, entonces todas las tareas son asigna-- das. Si el trabajo total disponible excede el nivel de recur-- sos disponibles, varias combinaciones factibles de asignacio-- nes son evaluadas por costos, y la combinación del costo míni-- mo se elige. Las reglas bajo las cuales los costos están aso-- ciados con cada combinación son muy flexibles, y reflejan el-- criterio de operación de la administración. Estos incluirán-- los requerimientos conflictivos de costos mínimos del proyec-- to, terminación del proyecto a tiempo, y minimización de re-- cursos ociosos.

#### A.7.4 Método de Asignación de Recursos a Proyectos Múltiples.

##### A.7.4.1 Método Propuesto por Mc Gee y Markarian. (31).

Las siguientes fases son:

1. La entrada al programa se efectúa con los siguientes da--

tos:

- a) Fuerza de trabajo por especialidad por período de tiempo.
- b) Determinación de los puntos siguientes por cada actividad en la red PERT,

- El personal mínimo por especialidad requerido para llevar a cabo la actividad bajo las condiciones más austeras. El tiempo de la actividad asociado con este nivel de personal.
- El máximo personal productivo por especialidad el cual podría usarse efectivamente para llevar a cabo la actividad bajo un programa urgente. El tiempo de la actividad asociado con este nivel de personal.

c) Tiempo programado para la terminación del proyecto.

2. Se efectúa la asignación del personal mínimo esencial.
3. El tiempo de terminación supuesto por eventos, la ruta crítica y la holgura para otras rutas se calcula como en el PERT,
4. Los requerimientos de fuerza de trabajo son determinados por intervalos de tiempo y comparados con la fuerza de trabajo disponible.
5. Si la restricción de fuerza de trabajo se excede, la posibilidad de reprogramar las actividades con holgura se investiga. Las actividades son programadas si esto permite la asignación de fuerza de trabajo con restricciones. Si la reprogramación no es posible, la fuerza de trabajo dis-

ponible de entrada se ajusta en lugar de detener el programa.

6. Se determina si el tiempo del proyecto está dentro del tiempo programado del proyecto con la fuerza de trabajo asignada en este tiempo.
7. Todas las rutas cuya longitud es mayor que el tiempo programado del proyecto (rutas con holgura negativa) son determinadas ya que solamente estas rutas necesitan ser acortadas por la asignación adicional de fuerza de trabajo.
8. El "costo" de acortar la duración de cada actividad en una ruta  $k'$  (ruta con holgura negativa) se determina. Este "costo" puede expresarse como semanas-hombre requeridas para acortar el tiempo de la actividad.
9. El costo mínimo de la actividad en cada ruta  $k'$  es identificado y todas las actividades en la ruta crítica las cuales son comunes con una o más rutas  $k'$  se identifican.
10. Los medios más económicos de acortamiento del tiempo del proyecto se calculan. Se hace una determinación que sea menos costosa para asignar fuerza de trabajo a las actividades de costo mínimo en la ruta crítica o asignar fuerza de trabajo a las actividades las cuales simultáneamente acortan más de una ruta  $k'$ .
11. La asignación de fuerza de trabajo adicional se hace sujeta a la restricción que la fuerza de trabajo asignada a una actividad no exceda el máximo personal productivo.

12. Con la asignación de fuerza de trabajo adicional el programa recircula hasta determinar si esta asignación era posible con las restricciones de fuerza de trabajo. Personal adicional se añade de esta.

#### A.8 Control de Proyectos. Técnicas Usadas.

En el control de un proyecto es necesario determinar con precisión tanto el avance de cada una de las actividades como el correspondiente al proyecto total.

Una forma efectiva de control es el uso de gráficas que permitan vigilar visualmente el desarrollo de las actividades. Figura A.3 (7,18,21,26).

Si se va a controlar un proyecto se deben coordinar 3 elementos diferentes, frecuentemente contradictorios como lo son -- las operaciones, los recursos y las restricciones en un modelo de trabajo que deberá dar como resultado el proyecto completo, en el mejor tiempo, al costo mínimo con el menor grado de riesgo. Este modelo debe ser dinámico y deberá cumplir lo siguiente. Figura A.4.

- a) Revisión y actualización inmediata.
- b) Entender y valorar, sin demora, el efecto de un cambio.
- c) Establecer criterios para la asignación y programación de recursos.

TENDENCIA DE UN PROYECTO : CUALQUIER DESVIACION EN EL PROYECTO ES  
OCASIONADO POR CAMBIOS EN :

- a ) ALCANCE
- b ) ESPECIFICACIONES
- c ) DISEÑO
- d ) COSTOS DE MATERIAL Y EQUIPO
- e ) PROGRAMA (duración )
- f ) OTROS

ENEP ZARAGOZA INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL	
FIG. A.3	
Lydia Jiménez González Joaquín Alfonso Manfaya Delgado	Dibujo N° 2.8 Fecha 15-03-85



UN BUEN CONTROL DE UN PROYECTO OCURRE CUANDO :

SE CONOCE LO QUE HAY QUE HACER

SE CONOCE LO QUE SE HA HECHO

SE CONOCE LO QUE FALTA POR HACER

REPORTE DE AVANCE

SE CONOCE A TIEMPO LO QUE ESTA MAL Y PORQUE

SE TOMA UNA ACCION CORRECTIVA

ANALISIS Y CONTROL  
DE PROYECTOS

UNAM	ENEP ZARAGOZA
	INGENIERIA QUIMICA
TESIS PROFESIONAL	
FIG. A. 4	
Lydia Jiménez González	Excmo. N° 29
Joaquín Alfonso Montoya Delgado	Fecha 15-03-85

- d) Proporcionar un vehículo de comunicación y asimilación.
- e) Criterios para valorizar la precisión de las estimaciones y refinarlas para usos posteriores.
- f) Notificación inmediata de las desviaciones que ocurran entre los resultados predichos y los reales.
- g) Procurar que los datos produzcan un buen resultado. Una vez que se tiene el modelo del proyecto se podrá definir el tipo de control vía gráfica que aplica al mismo.

Dentro de estos tipos de control vía gráfica, se pueden citar los siguientes: (18, 21 y 26)

i) Control Vía Gráfica de Barras.

Como se sabe, el diagrama de barras indica la secuencia que se debe seguir para efectuar el proyecto, pero la interdependencia no es tan clara como en un diagrama de flechas o en un diagrama de precedencias.

En este diagrama se agregan columnas correspondientes para el avance programado, avance real, H-H programadas y porciento pesado; el avance programado y real se dividirán en mensual y acumulado.

ii) Control Vía Curva de Avance.

Para obtener la curva de avance programada el procedimiento es:

- Se determina el número de actividades por unidad tiempo, así como las H-H requeridas para cada acti

vidad.

- Se acumulan las H-H por actividad en cada unidad de tiempo.
- Cada acumulación de H-H se divide entre el total de H-H y se multiplica por 100, obteniendo un porcentaje de H-H por unidad de tiempo y se acumulan.

Los valores obtenidos son lo que fijarán los puntos a graficar, es decir, se obtendrá una gráfica de porcentaje de avance contra tiempo. Colocándose en las ordenadas el porcentaje de avance y en las abscisas las unidades de tiempo de duración del proyecto.

Teniendo tres renglones bajo la curva que representarán:

- Porcentaje de avance programado.
- Porcentaje de avance real obtenido en fecha de actualización.

Para obtener la curva de avance real, el procedimiento a seguir es:

- Se determina el porcentaje de avance obtenido en fecha de actualización por actividad.
- Se multiplica este valor por el porcentaje pesado que representa la actividad en H-H.
- Se acumulan estos valores obtenidos por unidades de tiempo.

Los valores obtenidos representan la curva de avance real al--

canzado en fecha de actualización, es decir, el avance global del proyecto, hasta esa fecha.

Metodología de Construcción de Gráficas de Proyecto.

El método utilizado para realizar estas gráficas es el procedimiento de la Línea de Balance o Equilibrio (creado por la fuerza armada de los Estados Unidos de Norteamérica para comprobación y/o inspección de proyectos de gran importancia), - (18) consiste en elaborar tres tipos de gráficas:

- a) Gráfica de planteamiento.
- b) Gráfica objetiva
- c) Gráfica de avance.

Estas tres gráficas por separado son de gran utilidad para planear y calcular tiempos, pero la conjunción de ellas proporciona más información y menos trabajo.

A continuación se describe cada una de ellas.

Gráficas de Planteamiento.

Es la primera etapa del proyecto y está estrechamente relacionada con la de Gantt, es decir, al graficar el eje horizontal estará en unidades de tiempo, predefinido por periodos, teniendo como último dato la fecha de terminación del proyecto.

Cada actividad del proyecto se muestra en línea horizontal escalonada interconectándose verticalmente para formar un circui

to, Figura A.5.

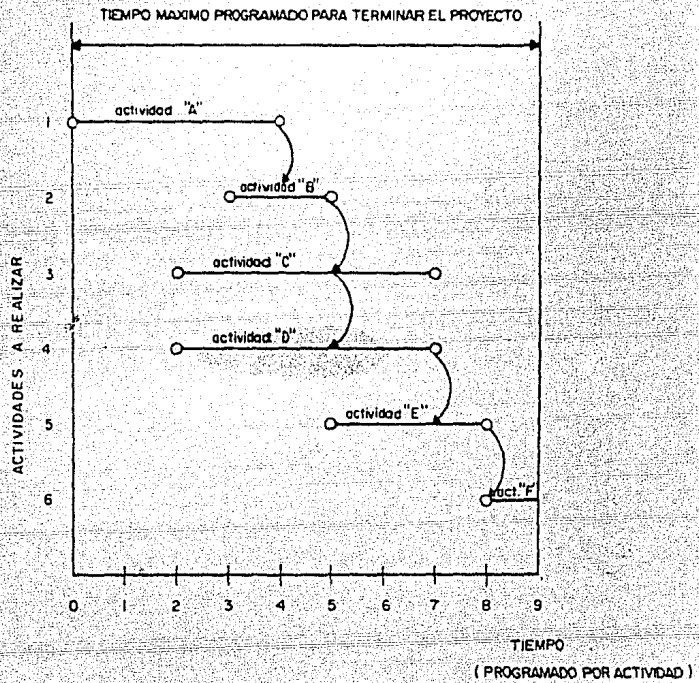
Este circuito da información y permite visualizar, dependiendo del parámetro a controlar; costo, H-H, personal, equipo, material y/o producción; requerido por unidad de tiempo (o período) de acuerdo al plan original del proyecto.

#### Gráfica Objetiva.

En esta gráfica se maneja en el eje vertical el parámetro a medir teniendo como último valor, el fijado de acuerdo al plan y programa a cumplir, y en el eje horizontal al tiempo. Pero además muestra, bajo la escala de tiempo las cantidades programadas del parámetro especificado en cada período y de forma acumulada, formando la curva programada del proyecto con los datos acumulados. Figura A.6.

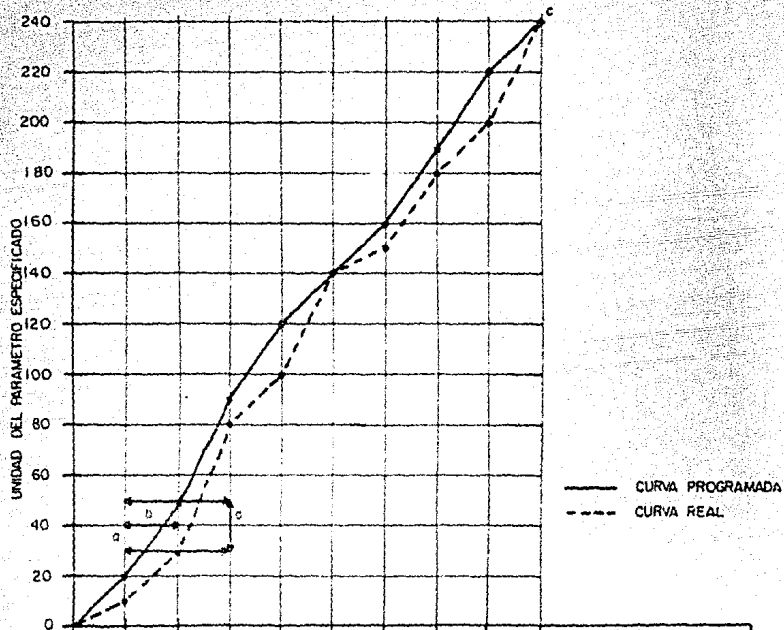
Aunada a esta gráfica se puede elaborar otra que muestre las cantidades reales usadas, producidas o gastadas del parámetro en cuestión por cada período, graficando de igual forma que la anterior se obtendrá la curva real, pero para diferenciarla de la curva programada usualmente se marca punteada, pero puede emplearse alguna otra forma para distinguir una de otra.

En otras palabras, para trazar estas curvas se transportan los datos acumulados programados y reales (al obtener dicha



GRAFICA DE PLANTEAMIENTO

<b>UNAM</b>	ENEP ZARAGOZA INGENIERIA QUIMICA	
	TESIS PROFESIONAL	
FIG.A.5		
Lydia Jimenez Gonzalez		
Joaquín Alfonso Montoya Desgollado		
	Dibujo No 3.0	Fecha 15-03-81



									PERIODO	P R O G R A M A
20	30	40	30	20	25	25	20	30	CANTIDAD POR PERIODO	
20	50	90	120	140	160	185	210	240	CANT. ACUM. / PERIODO	
10	20	50	20	40	10	30	20	40	CANTIDAD POR PERIODO	
10	30	80	100	140	150	180	200	240	CANT. ACUM. / PERIODO	

GRAFICA OBJETIVA

UNAM		ENEP ZARAGOZA	
		INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL			
FIG. A.6			
Lydia Jiménez González		Dibujo No: 31	
Joaquín Alfonso Montoya Delgado		Fecha: 15 - 03 - 85	

información] hasta que coincidan con el dato del eje vertical.

De estas se puede obtener:

1. La distancia vertical entre las curvas, a, muestra la diferencia entre lo real y lo programado.
2. La distancia horizontal entre las curvas, b, muestra el tiempo que falta para cumplir con la fecha programada.
3. Las pendientes de la curva real indican los índices de consumo, uso, requerimiento y/o producción del parámetro a controlar y las diferencias de pendiente indicarán si lo realizado se nivelará o seguirá retrasado con respecto al plan.
4. El punto c marca la fecha de terminación del proyecto.

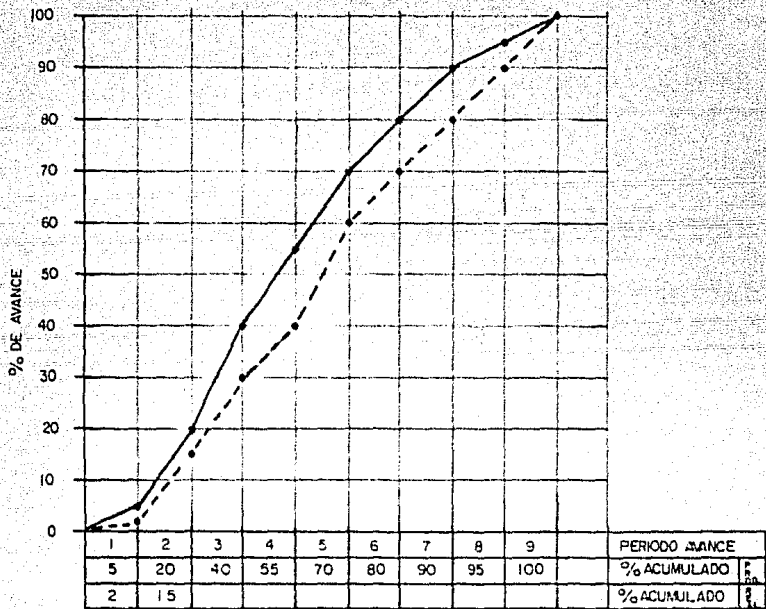
Gráfica de Avance.

Esta gráfica muestra en el eje vertical el por ciento de avance, que va de 0 a 100 y en el eje horizontal el tiempo, así como los datos acumulados de lo programado por período, pero transformados a porcentaje, o sea la cantidad por período representa un porcentaje del total del parámetro especificado a cubrir; estos datos se reportarán acumuladamente hasta cumplir el 100% del tiempo programado, es decir, los datos acumulados programados por período de la curva objetiva se dividirán por el número máximo de unidades especificadas y se multiplican por 100 para obtener el por ciento acumulado que repre



senta. Figura A.7.

Este procedimiento aplica para lo programado y para lo real, lo importante de esta gráfica es que a una fecha de corte dada (unidad de tiempo que se define inicialmente para medir el avance, semanal, mensual, bimestral, anual, etc.) se obtenga información confiable de lo realizado de acuerdo al plan y programa establecido para una determinada especialidad que participa dentro del proyecto y/o el total de especialidades, que aunadas entre sí marcarán el avance por especialidad y el avance total del proyecto a un tiempo dado. Estas gráficas pueden realizarse por cada especialidad que interviene y/o el resumen de todas de acuerdo al tipo de control que se desee, o en base a los requerimientos del usuario a quien va dirigida dicha información.



GRAFICA DE AVANCE

UNAM	ENEP ZARAGOZA	
	INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL		
FIG. A.7		
Lydia Jiménez González		Dibujo No: 32 Fecha 15-03-31
Joaquín Alfaro		
Montoya Delgadillo		

A P E N D I C E ' B '

## B.1 Bases Estadísticas del PERT.

Dentro de la administración de proyectos generalmente existen situaciones en las cuales cada especialista tiene el deber de estimar la duración de las actividades involucradas en su especialidad, que en conjunto, darán la estimación de la duración total del proyecto.

Las primeras aproximaciones fueron desarrolladas por D. G. Malcom (29) para proporcionar el cálculo de la duración de las actividades tomando en cuenta las variaciones que presentan éstas, de tal forma que permitiera usarse también como pilar para la determinación de la fecha de terminación del proyecto.

La probabilidad se emplea para denotar el hecho de que pueda llevarse a cabo una actividad. Para ello es conveniente emplear la escala de cero a uno, teniendo como extremos lo imposible y lo realizable (33).

Parte del vocabulario administrativo está formado por las palabras incertidumbre y riesgo, y de estas palabras surge la decisión del director o administrador del proyecto, y he aquí la importancia que tiene la probabilidad dentro de la administración para ayudar a resolver los problemas.

El procedimiento estadístico del PERT utiliza la teoría de la probabilidad para la toma de decisiones administrativas. En forma tradicional, para la programación se había usado un solo estimado para la duración -

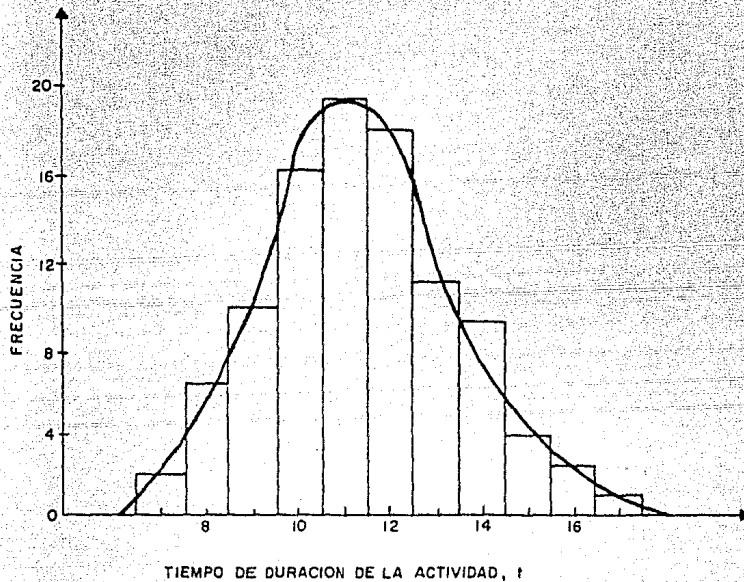
de las actividades, PERT utiliza tres estimados para ello, proporcionando así, un rango de la medida de la incertidumbre que está asociada con la duración de cada actividad. Estos tres estimados se conocen como: el tiempo pesimista, el tiempo optimista y el tiempo más probable o modal. Con estos estimados como base y empleando la fórmula desarrollada para encontrar la medida de estos estimados es posible derivar las probabilidades de que el proyecto se lleve a cabo.(33).

La base que tiene PERT para formular esta técnica es el uso de datos obtenidos en la ejecución de las actividades, esto es, usar los tiempos empleados para la ejecución de cada una de las actividades. Para ser más explícitos, se emplea la colección de tiempo que empleó una actividad en llevarse a cabo bajo las mismas condiciones y así poder obtener una curva de distribución de la duración de esa actividad como la mostrada en la figura B.1.

De la curva de distribución obtenida se emplean dos medidas con mayor frecuencia, la medida de tendencia central que localiza el punto en el cual la distribución está centralizada, y una medida de la distribución o dispersión de los valores o variabilidad.

En PERT se emplea a la media aritmética como medida de la tendencia central y está dada por la ecuación (1) y como medida de la dispersión a la desviación estándar (2)

$$\text{MEDIA ARITMETICA} = (t_1 + t_2 + \dots + t_n) / n = \bar{t} \quad (1)$$



FRECUENCIA DE DISTRIBUCION EMPIRICA DE LOS TIEMPOS DE DURACION DE LA ACTIVIDAD

UNAM		ENEP ZARAGOZA	
		INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL			
FIG. 3.1			
Lydia Jiménez González			
Joaquín Alfonso Montoya Delgado		Dibujo No: 33	
		Fecha: 15-03-85	

$$\text{DESVIACION ESTANDAR} = \left( \frac{(t_1 - \bar{t})^2 + (t_2 - \bar{t})^2 + \dots + (t_n - \bar{t})^2}{n} \right)^{0.5} = s_t \quad (2)$$

$$\text{VARIANZA} = s_t^2$$

tanto  $\bar{t}$  como  $s_t$  son estimados de los valores verdaderos  $t_e$  y  $(V_t)^2$  cuando el tamaño de la muestra se aproxima a infinito. Estos parámetros -- sirven para interpretar la curva de distribución supuesta; así por ejemplo, si la variable  $t$  se distribuye normalmente, es decir que tenga forma de campana dimétrica; adopta la forma mostrada en la figura B.2 (33).

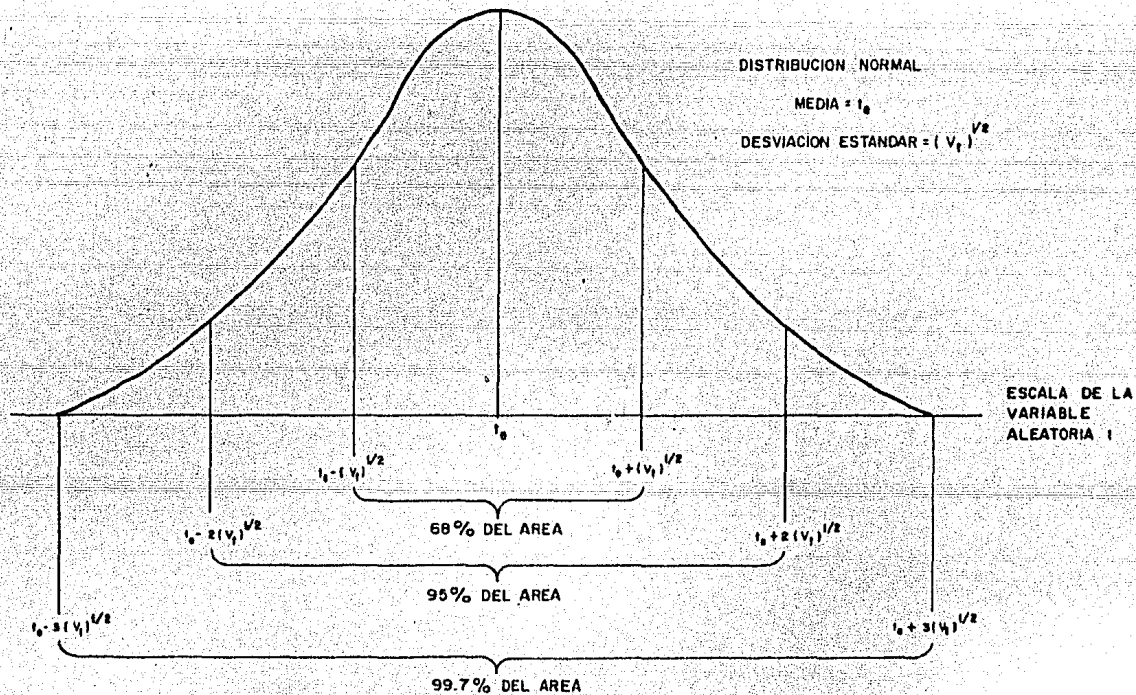
Una herramienta de gran utilidad en la teoría probabilística para PERT es el Teorema del Límite Central (33). Este teorema establece que:

Suponga  $m$  tareas independientes para realizarse en orden (podrían ser las actividades en una ruta crítica). Sean  $t_1, t_2, \dots, t_m$  -- los tiempos a los cuales estas tareas se terminan, con medias reales  $t_{e1}, t_{e2}, \dots, t_{em}$ , y varianzas  $V_{t1}, V_{t2}, \dots, V_{tm}$ ; donde los tiempos de ejecución se desconocen hasta que las tareas se realicen. Definiendo  $T$  como la suma de los tiempos de ejecución,

$$T = t_1 + t_2 + \dots + t_m$$

siendo  $T$  una variable aleatoria al igual que los tiempos de ejecución.

El Teorema del Límite Central establece que si  $m$  es grande, 4 o -- más por decir, la distribución de  $T$  es aproximadamente normal con media  $E$  y varianza  $V_t$  dadas por:



AREAS SELECCIONADAS BAJO LA CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL

<b>UNAM</b> ENEP ZARAGOZA	
INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL	
FIG. B 2	
Lydia Jimenez González	Dibujó No 3 4
Joaquín Alfonso Montoya Delgadillo	Fecha 15-03-85

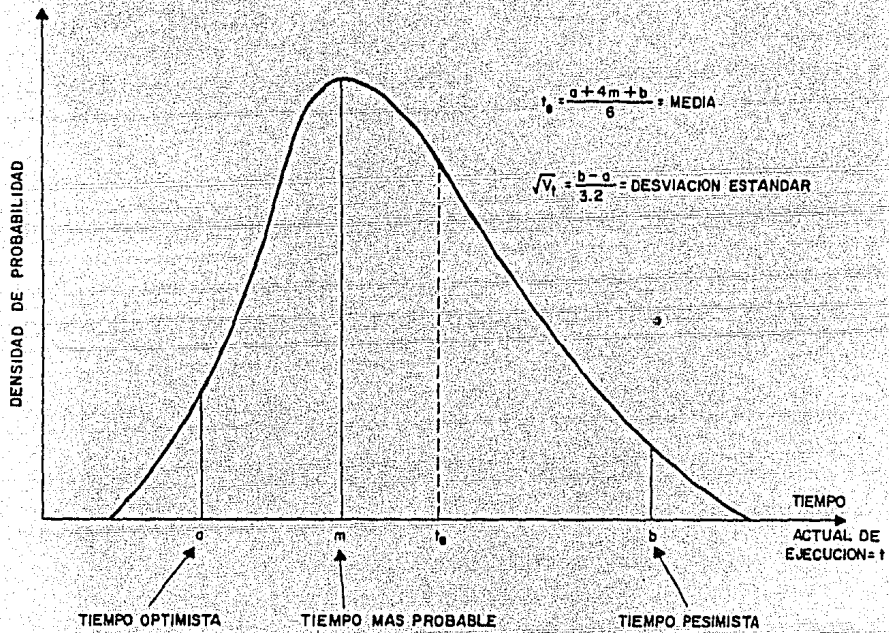


$$E = t_{e1} + t_{e2} + \dots + t_{em}$$

$$V_t = V_{t1} + V_{t2} + \dots + V_{tm}$$

esto es, la media de la suma es la suma de las medias, la varianza de la suma es la suma de las varianzas; y la distribución de la suma de los tiempos de las actividades será normal a pesar de la forma de la distribución de los tiempos de ejecución de las actividades. (33).

Como se mencionó, el sistema PERT emplea tres estimados de tiempo para obtener el valor esperado de  $t_e$  para cada actividad, a partir de una distribución hipotética, ya que PERT está dirigido primeramente a actividades sujetas a variaciones aleatorias considerables y a programas donde los tiempos programados son la esencia. La distribución de los tiempos de ejecución es hipotética debido a que no se puede realizar un muestreo estadístico de estos valores. (Si se cuenta con datos históricos de los tiempos de ejecución, estos pueden emplearse para determinar los valores estimados empleados en PERT). Cuando una actividad se ha realizado, se obtiene un valor único de la duración y aunque PERT establece que no se realice un muestreo estadístico, el considerar los tres estimados de tiempo depende de la persona encargada de la programación. Aunque se realice un muestreo, estadísticamente no estricto, de las duraciones de las actividades basadas en los historiales o en la experiencia, está encaminado a la determinación de un valor de tiempo, el tiempo esperado, dependiendo del personal y de los servicios para ellas. La figura B.3 ilustra esto.



TRES ESTIMADOS DE TIEMPO DEL SISTEMA PERT.

<b>UNAM</b>		ENEP ZARAGOZA INGENIERIA QUIMICA	
<b>TESIS PROFESIONAL</b>			
FIG. B 3			
Lydia Jiménez González		Dibujo No: 3 <sup>a</sup>	
Joaquín Alfonso Montoya Delgado		Fecha: 15-03-85	

Los valores de los tiempos optimista y pesimista se manejan en un rango del 5 a 95 percentiles de la curva de distribución del tiempo de ejecución  $t$ . Esta definición del rango fue estudiada por J. J. Moder y E.G. Rodegers (34), debido a que al tratar de obtener estimados en el rango de 0 a 100 percentiles es muy difícil de lograrlo debido a que nunca han sido experimentados. Antes de proceder a dar una serie de puntos de ayuda para obtener valores seguros de los estimados, conviene definir de manera mas precisa cada uno de los tiempos que se van a manejar.

$a$  = tiempo de ejecución optimista; tiempo que podría ser mejorado solamente una vez en veinte si la actividad pudiera ejecutarse repetidamente bajo las mismas condiciones esenciales.

$b$  = tiempo de ejecución pesimista; tiempo que podría excederse solamente una vez en veinte si la actividad pudiera ejecutarse repetidamente bajo las mismas condiciones esenciales.

$m$  = tiempo más probable; el valor modal de la distribución, o el valor que probablemente ocurra con mayor frecuencia que cualquier otro valor.

Los puntos son los siguientes: (33)

- 1) Una de las suposiciones importantes en el teorema del Límite Central es la independencia de las variables aleatorias en cuestión. Debido a que este teorema es la base de los cálculos probabilísticos de PERT, los estimados de  $a$ ,  $m$  y  $b$  deberían obtenerse tal que la suposición de independencia sea satisfecha, esto es, deberían -

hacerse independientemente de la forma en que puedan ocurrir en el proyecto otras actividades, que pueden en turno afectar la disponibilidad de fuerza de trabajo y equipo planeado para la actividad en cuestión. El encargado de estimar deberá proponer valores de  $a$ ,  $m$  y  $b$  que sean apropiados si el trabajo se lleva a cabo con la fuerza de trabajo y servicios inicialmente asumidos y bajo las condiciones de trabajo supuestas.

- 2) Los estimados de  $a$ ,  $m$  y  $b$  no deberán estar influenciados por el tiempo disponible para completar el proyecto. Esto invalida completamente las probabilidades de PERT y destruye cualquier contribución positiva que pueda ser capaz de hacerse en las funciones de planeación. Los estimados de tiempo deben ser revisados solamente cuando el alcance de la actividad sea cambiado, ó cuando la fuerza de trabajo y servicios asignados a ella sean variados.
- 3) Mantener una atmósfera contribuyente para obtener estimados imparciales de  $a$ ,  $m$  y  $b$ ; deberá estar claro que estos son estimados y no compromisos del programa en el sensus usual.
- 4) En general, los estimados de  $a$ ,  $m$  y  $b$  no deben incluir concesiones para eventos que ocurran sin frecuencia sin que se piense en ellos como variables aleatorias. Los estimados de  $a$ ,  $m$  y  $b$  no deben incluir concesiones para actos naturales-- fuegos, huracanes, inundaciones, etc.
- 5) Los estimados  $a$ ,  $m$  y  $b$  deberán incluir concesiones para eventos nor

malmente clasificados como variables aleatorias. Para actividades cuya ejecución está sujeta a condiciones del tiempo, es apropiado anticiparse al tiempo en el año cuando la actividad sea realizada y hacerlo anticipadamente para efectuar los estimados de  $a$ ,  $m$  y  $b$ .

## B.2 Estimación de la Media y Varianza de los Tiempos de Ejecución de la Actividad.

Se conoce en estadística que para las distribuciones unimodales la desviación estándar puede estimarse groseramente como  $1/6$  del rango de -- distribución. Esto sigue al hecho de que al menos el 80% de cualquier distribución cae dentro de 3 desviaciones estándar de la media, y para la distribución normal este porcentaje es de 99.7. De aquí que se puede estimar la desviación estándar usando los estimados de  $a$  y  $b$ , así -- como la varianza también, empleando la ecuación (3).

$$(V_t)^{0.5} = (b-a)/3.2 \quad \text{ó} \quad V_t = ((b-a)/3.2)^2 \quad (3)$$

Como se mencionó,  $a$  y  $b$  originalmente se definieron como 0 y 100 percentiles de la distribución de  $t$ , y por tanto el divisor en la ecuación (3) era 6 en lugar de 3.2.

Un argumento en favor de los percentiles de 5 y 95 para  $a$  y  $b$  se demostró en el documento de Moder y Rodgers (34), en el cual encontraron -- que la diferencia  $(b-a)$  variaba entre 3.1 y 3.3 la desviación estándar para una amplia gama de tipos de distribución, desde la exponencial -- hasta la normal, incluyendo la rectangular, triangular y beta. También

encontraron que para 0 y 100 percentiles la variación fue, para estos tipos de distribución, de 3.5 a 6.

Con esto, el uso de 5 y 95 percentiles permite estimar la desviación estándar con una firmeza a las variaciones en la forma de la distribución de  $t$ .

La fórmula empleada para estimar el tiempo esperado es un promedio ponderado de los estimados  $a$ ,  $m$  y  $b$ , dado en la ecuación (4).

$$\text{MEDIA} = t_e = (a + 4m + b)/6 \quad (4)$$

Para derivar esta fórmula se debe asumir alguna forma funcional, tal como la conocida distribución beta, figura que tiene las propiedades deseables contenidas dentro de un intervalo finito, y puede ser simétrica o sesgada, dependiendo de la localización de la moda,  $m$ , relativa a  $a$  y  $b$ . Empleando esta distribución, aceptado históricamente como modelo matemático para los tiempos de duración de las actividades, y asumiendo que la ecuación (3) la apoya, entonces  $t_e$  es un polinomio cúbico en  $m$ . La ecuación (4) es una aproximación lineal a la fórmula exacta cuya precisión es buena dentro de los límites dictados por la precisión de los estimados de  $a$ ,  $m$  y  $b$ . (33).

Podría puntualizarse que la media es igual al tiempo más probable o modal ( $t_e = m$ ) solamente si los tiempos optimista y pesimista están colocados simétricamente con respecto a éste, esto es,  $b - m = m - a$ . En

el procedimiento CPM el estimado de tiempo simple es un promedio del -- tiempo de duración de la actividad y no es necesariamente el tiempo más probable que se define. Esto es esencial, ya que de acuerdo al teorema del Límite Central, la duración total esperada de una serie de actividades es la suma de sus tiempos medios y no la suma de sus tiempos más -- probables. De hecho, ya que la distribución de la suma de variables -- aleatorias tiende a la distribución normal (simétrica), para la cual la media y la moda son las mismas, el tiempo de duración más probable de una serie de actividades no está dado por la suma de los tiempos individuales más probables de las actividades, sino por el contrario, por una suma de sus tiempos medios. Esto último solamente es aproximado si el número de actividades es pequeño. Sin embargo la aproximación podría -- ser muy buena para muchas aplicaciones prácticas a redes de proyectos.-

(33)

Si se está usando un sistema de estimar un tiempo simple, y se encuentra que una actividad tiene una distribución sesgada con una cantidad considerable de variación, la ecuación (4) debe ser de utilidad para llegar al estimado de tiempo simple. En este caso, una persona debe sentir -- que puede estimar el tiempo de duración medio de la actividad con mayor precisión por la determinación de  $a$ ,  $m$  y  $b$ , y empleando la ecuación (4) para convertir estos números al estimado de tiempo simple.

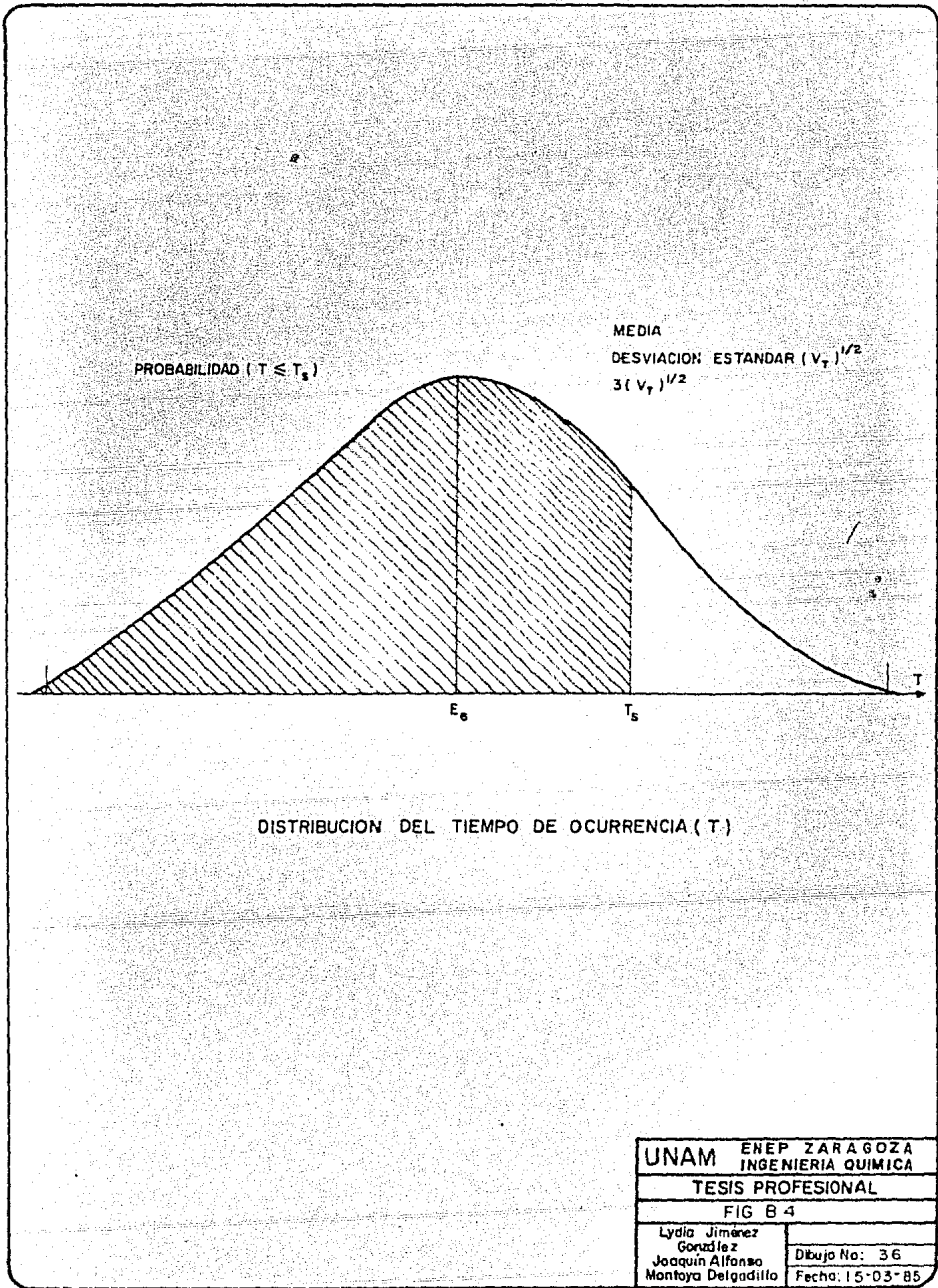
### B.3 Probabilidad de Satisfacer una Fecha Programada.

Aún cuando las fechas programadas podrían aplicarse al inicio o final -

de una actividad del proyecto, tradicionalmente se han aplicado al tiempo de ocurrencia de los eventos de la red. Las fechas programadas usualmente se especifican solo para aquellos eventos que marcan un estado --significante en el proyecto y afectan vitalmente las actividades subsecuentes del mismo; tales eventos son llamados frecuentemente pilares. Ahora se considerará el problema del cálculo de la probabilidad de ocurrencia de un evento, en o antes de una fecha programada. (33)

Considere el tiempo de ejecución de cada una de las actividades a lo largo de la ruta como variables aleatorias independientes, la misma suposición hecha durante el proceso de colección de los estimados de tiempo de la actividad. Además, la suma de estas variables aleatorias, que será denotada por  $T$ , es una variable aleatoria que está gobernada por el teorema del Límite Central. Por tanto, el teorema del Límite Central lo capacita a uno para asumir que la forma de la distribución de  $T$  es aproximadamente normal. De acuerdo con la figura B.4, el área total bajo la curva normal es exactamente uno, entonces, el área sombreada bajo la curva normal es directamente la probabilidad de ocurrencia del tiempo del evento  $T$ , de que sea igual o menor que  $T_s$ , que es la probabilidad que la fecha programada ( $T_s$ ) sea cumplida. Esta probabilidad puede leerse directamente de una tabla del área bajo la curva. De acuerdo a esta tabla, para aplicarla a cualquier curva de distribución normal, está basada en la desviación de la fecha programada en cuestión de la media de la distribución, en unidades de desviación estándar,  $(V_T)^{0.5}$ . Llamando a este valor  $Z$ , uno obtiene:





$$Z = (T_s - E) / (V_T)^{0.5} \quad (5)$$

En ciertos proyectos, éstos pueden cumplirse de una forma u otra, por ejemplo: cambiando el programa, cambiando los requerimientos, etc. La probabilidad calculada aquí es la probabilidad del programa original y se cumplirá sin acelerar el trabajo de una u otra forma. Por esta razón, las siguientes reglas deberían adoptarse en el tratamiento con redes que tienen dos o más fechas programadas. (33).

#### Definición.

La probabilidad de cumplimiento de una fecha programada es la probabilidad de ocurrencia de un evento en o antes de una fecha especificada.

#### Regla.

Para calcular la probabilidad de cumplimiento de una fecha programada, la varianza del evento inicial debe ajustarse igual a cero, y todas las otras fechas programadas excepto la que se está considerando deben ignorarse al hacer los cálculos de la varianza y probabilidad.

#### Definición.

La probabilidad condicional de cumplimiento de una fecha programada es la probabilidad de ocurrencia de un evento en o antes de un tiempo especificado, asumiendo que todos los eventos anteriores programados ocurran en sus fechas programadas.

#### Regla.

Para calcular la probabilidad condicional de cumplimiento de una fecha-

programada, ajuste las varianzas del evento inicial del proyecto y de todos los eventos programados iguales a cero, y entonces haga los cálculos usuales de varianza y probabilidad.

Las definiciones anteriores y las reglas sugieren que cualquiera de las dos probabilidades puede aplicarse según sea el caso. Si uno está interesado con la planeación de una subred consistente de las actividades entre dos eventos programados, la probabilidad condicional es la pertinente. Sin embargo, si uno está interesado con el proyecto total, la probabilidad incondicional de satisfacer una fecha programada al parecer es la pertinente, ya que da la probabilidad de tener que apresurar un proyecto en alguna parte para satisfacer cada uno de los tiempos programados de los eventos.

Considerando el caso de tener una fecha programada de terminación menor, que la obtenida por la red, la probabilidad de cumplirla es baja, en esta situación es cuando se puede buscar una fecha de terminación para incrementar el porcentaje de probabilidad para cumplir dicha fecha, y de nueva cuenta, el empleo de la ecuación (5) y la tabla de distribución normal.

#### B.4 Uso de Datos Históricos en la estimación de $a$ , $m$ y $b$ .

Ocasionalmente uno puede tener datos históricos de la duración de actividades (muestras) en las cuales basar los estimados de  $t_e$  y  $(V_t)^{0.5}$ , o mejor, estimar  $a$ ,  $m$  y  $b$ , que así procesados en la forma usual, con las-

ecuaciones (3) y (4), darán los estimados deseados de  $(V_t)^{0.5}$  y  $t_e$ . Este procedimiento tiene mérito, si las condiciones siguientes se satisfacen.

- (1) Los datos históricos son representativos de la población hipotética a "muestrearse" en el futuro para la actividad en cuestión; esto es, la actividad es precisamente la misma, y las condiciones -- que prevalecieron durante la colección de los datos históricos -- sean representativas de aquellos que se espera prevalezcan en el futuro cuando la actividad en cuestión se realice.
- (2) La muestra de datos históricos es de "suficiente" tamaño. La especificación cuantitativa de que es "suficiente" depende de la naturaleza de la actividad en cuestión y de la habilidad y experiencia de la persona que suministra los estimados; sin embargo, una muestra de menos de cuatro o cinco observaciones podrían generalmente no ser consideradas "suficientes".

Si las suposiciones anteriores se satisfacen, los estimados  $a$ ,  $m$  y  $b$  -- pueden obtenerse de las ecuaciones (7), (8) y (9) en donde:

$R$  = rango de la muestra de datos.

= observación mayor - observación menor

$k = 3/d_2$ , donde  $d_2$  es la constante de control de calidad estadístico tabulada como una función del número  $n$ , de veces de la actividad en la muestra de datos. Actualmente,  $d_2$  es el promedio de la relación  $R/(V_t)^{0.5}$ . Los valores de  $k$  están dados en la tabla B.1 y son usados para calcu-

lar las constantes a y b.

$\bar{t}$  = Promedio aritmético de la muestra de datos.

$$\text{Estimado de } m = \bar{t} \quad (7)$$

$$\text{Estimado de } a = \bar{t} - kR \quad (8)$$

$$\text{Estimado de } b = \bar{t} + kR \quad (9)$$

En situaciones donde  $kR$  es mayor que  $\bar{t}$ , y aquí a como se da por la ecuación (8) es negativo, se sugiere que las siguientes sean usadas.

$$a = 0 \quad (8.a)$$

$$b = 2\bar{t} \quad (9.a)$$

TABLA B.1. CONSTANTES PARA CONVERTIR EL RANGO A  
ESTIMADOS DE LA DESVIACION ESTANDAR.

Tamaño de la muestra	(Rango / Desv. Estándar) $R/(V_t)^{0.5} = d_2$	$k = 1.6 / d_2$
2	1.13	1.416
3	1.69	0.947
4	2.06	0.777
5	2.33	0.687
6	2.53	0.632
7	2.70	0.593
8	2.85	0.561
9	2.97	0.539
10	3.08	0.519
12	3.26	0.491
15	3.47	0.461
20	3.74	0.428
25	3.93	0.407

A P E N D I C E ' C '

## DESCRIPCION DEL PAQUETE ADMINISTRATIVO 'OPTIMA'

### Introducción.

Cuando se aplica el PERT/CPM y la asignación de recursos a cualquier proyecto, debe usarse una computadora siempre que resulte necesaria o cuando su uso se justifique económicamente. El empleo de una computadora será de valor en:

1. Determinar la curva de costo directo.
2. Imponer restricciones de terminación.
3. Establecer la asignación de recursos y el programa una vez dispuestos los límites.
4. Medir los resultados entre los resultados esperados y los reales, cuando se usa en sistemas de reportes.
5. Establecer las fronteras de las actividades de proyectos grandes o complicados.
6. Formular diagramas a escala de tiempo, o mapas del proyecto, en proyectos de gran escala.

Aún en los proyectos más complicados, el primer cálculo de una ruta crítica de preferencia debe hacerse a mano, antes de pasar al proceso de refinamiento de la lógica, consideración de alternativas y verificación de estimaciones.

Ciertamente, para evitar este trabajo tedioso frecuentemente se emplea una computadora. Para hacerlo requiere cambiar todos los datos a una forma procesable y, ya que la lógica de refinamiento indudablemente cambiará muchas de las estimaciones, si no es que la lógica completa de la red, cambiarán también muchos de los datos. La experiencia ha demostrado que el esfuerzo resultante es



aún más tedioso que un cálculo rápido manual de la ruta crítica. Por lo tanto el uso de una computadora se justifica virtualmente en cada aspecto del -- PERT/CPM y en la asignación de recursos en:

1. La determinación de la ruta crítica inicial.
2. El proceso de refinamiento.

Si se dispone de una computadora, no debe de usarse sin antes razonar. No -- hay necesidad de crear enormes listas de fronteras de actividades o listas de reportes de avance, cuando toda la información pertinente puede mostrarse con -- venientemente en un diagrama a escala de tiempo.

Más aún, ya que se está interesado en un sistema de administración por excep- ción, existe poca necesidad de formular arreglos tabulares de todas las acti- vidades de un proyecto, después de que se haya iniciado.

Más bien, se debe optar por mostrar la situación inicial sobre un diagrama a- escala de tiempo, reportando solamente las desviaciones que ocurran al conjun- to inicial de los tiempos predichos de iniciación y de terminación. El uso -- de una computadora debe dirigirse a esa finalidad siempre y cuando:

1. Se justifique económicamente.
2. Produzca solamente aquella información que pueda usarse para manejar y -- controlar un proyecto.

#### C.1 Descripción del Paquete de Computadora.

Un paquete de administración de proyectos es un sistema modular integra

do para planear y controlar proyectos basados en redes. Evalúa la ejecución de las tareas requeridas para cumplir con los alcances de un proyecto en un límite de tiempo predicho a un costo permisible.

La modularidad en su construcción asegura una alta flexibilidad también como adaptaciones fáciles a aplicaciones sobre un amplio rango de tipos de proyectos.

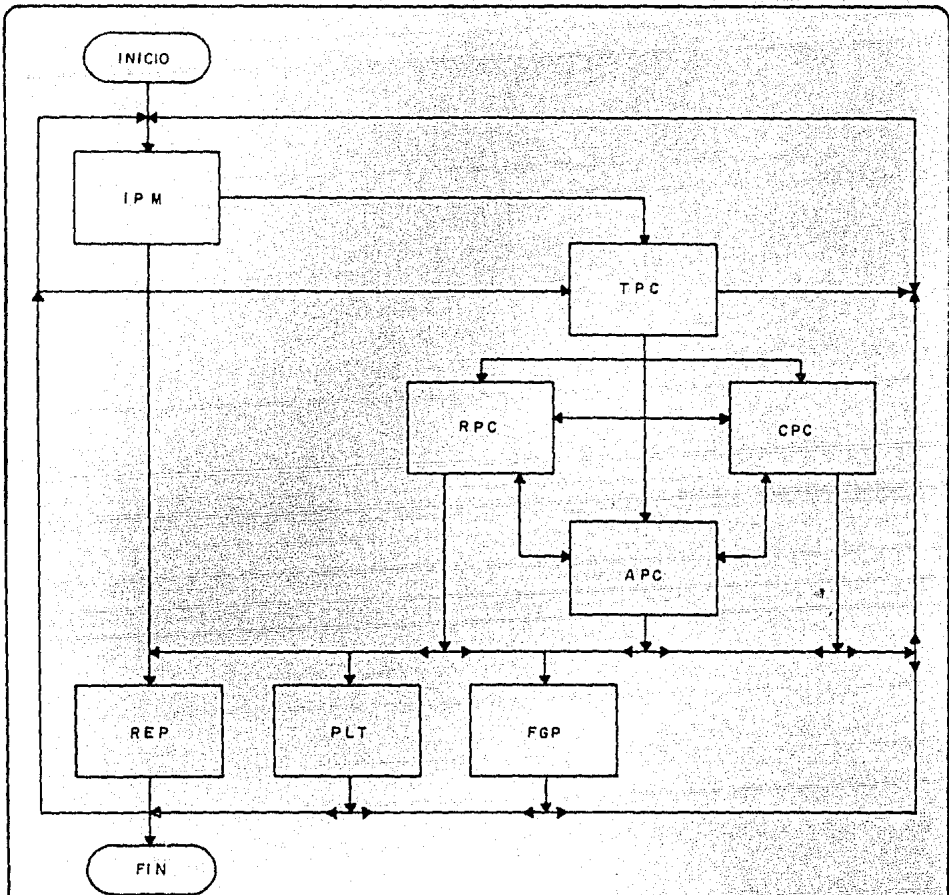
Los siguientes módulos existen en el paquete de administración de pro--yectos.

- \* Datos del ambiente y definición de módulos de proceso.
- \* Módulos de proceso.
- \* Módulos de almacenamiento en biblioteca.
- \* Módulos de actualización de la red.

La figura C.1 ilustra el sistema de flexibilidad, indicando caminos alternativos entre los módulos principales.

#### C.1.1 Datos del Ambiente y Definición de Módulos de Proceso.

Los datos que definen el ambiente, o a un proceso, son agrupados en una cantidad de grupos (y subgrupos), siendo precedidos por un comando de control asociado. Estos datos entran al sistema a través de los módulos de datos y de definición de procesos. Si la definición por alguna razón no fuera aceptable, se generan mensajes autoexplicables,



**LEYENDA:**

- IPM    MODULOS DE ENTRADA, INCLUYE MODULOS DE DATOS, MODULOS DE DEFINICION DE PROCESO DE ALMACENAMIENTO EN ARCHIVOS DE BIBLIOTECA.
- TPC    PROCESOR DE ANALISIS DE TIEMPO.
- RPC    PROCESOR DE ANALISIS DE RECURSOS.
- CPC    PROCESOR DE ANALISIS DE COSTOS.
- APC    PROCESOR DE ASIGNACION DE RECURSOS
- REP    PROCESADOR DE REPORTES.
- PLT    PROCESADOR DE DIBUJO DE LA RED.
- FGP    PROCESADOR DE GENERACION DE ARCHIVOS.

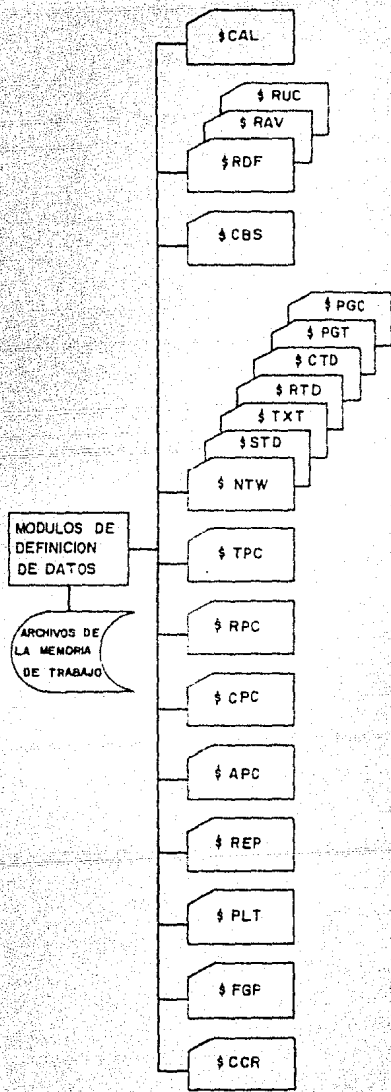
ALTERNATIVAS ENTRE LOS MODULOS PRINCIPALES

<b>UNAM</b>		<b>ENEP ZARAGOZA</b>
		<b>INGENIERIA QUIMICA</b>
<b>TESIS PROFESIONAL</b>		
<b>FIG. C.1</b>		
Lydia Jiménez González		Dibujo No. 37
Joaquín Alfonso Montoya Delgado		Fecha: 15-03-85

Consecuentemente, la secuencia entre grupos es inmaterial. - Cuando el módulo de datos o de definición de proceso ha completado su tarea, la definición asociada se deja en los archivos de la memoria de trabajo para uso subsecuente (si se requiere).

Como está indicado en la figura C.2, los siguientes grupos de datos pueden ser introducidos al sistema por la definición de módulos de datos. Los comandos de control asociados están entre paréntesis:

GRUPOS DE DATOS QUE DEFINEN EL AMBIENTE	COMANDO DE CONTROL
Definiciones de calendario. La definición de recursos, subdividida en:	( \$ CAL )
- Información general	( \$ RDF )
- Funciones de disponibilidad	( \$ RAV )
- Funciones de costos unitarios de recursos	( \$ RUC )
Definición de la división de la estructura de costos.	( \$ CBS )
La definición de la red, subdividida en:	
- información general	( \$ NTW )
- definición de estructuras y atributos de tiempo.	( \$ STD )
- atributos de texto	( \$ TXT )
- requerimiento de cursos en el tiempo.	( \$ RTD )
- distribución del costo en el tiempo	( \$ CTD )
- información del control de avance	( \$ PGT )



MODULOS DE DATOS Y DE DEFINICION DE PROCESOS.

UNAM		ENEP ZARAGOZA	
		INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL			
FIG. c.2			
Lydia Jiménez González			
Joaquín Alfonso Montoya Delgadillo		Dibujo No. 3 B	
		Fecha: 15-03-85	

- información del control de avance de costos. ( \$ PGC )
- información de actualización ( \$ \$ DEL )
- ( \$ \$ NEW )
- ( \$ \$ REM )
- Definición de conversiones de corrientes ( \$ CCR )

C.1.2 Módulos de Proceso.

Son siete módulos de proceso incluidos en el sistema que ejecutan los procesos disponibles para el usuario. Los módulos de procesos trabajan en todo o parte de los datos de ambiente introducidos en los archivos de la memoria de trabajo. Los módulos de proceso ejecutan los procesos que han sido de finidos por el usuario.

GRUPOS DE DATOS QUE DEFINEN PROCESOS COMANDO DE CONTROL  
Definición de procesos, dividida en:

- información del control de análisis de tiempo. ( \$ TPC )
- información del control de análisis de recursos. ( \$ RPC )
- información del control de análisis de costos. ( \$ CPC )
- información del control de asignación de recursos. ( \$ APC )
- información del control de reportes ( \$ REP )
- información del control de dibujos de la red. ( \$ PLT )

- información del control de generador  
de archivos.

( \$ FGP )

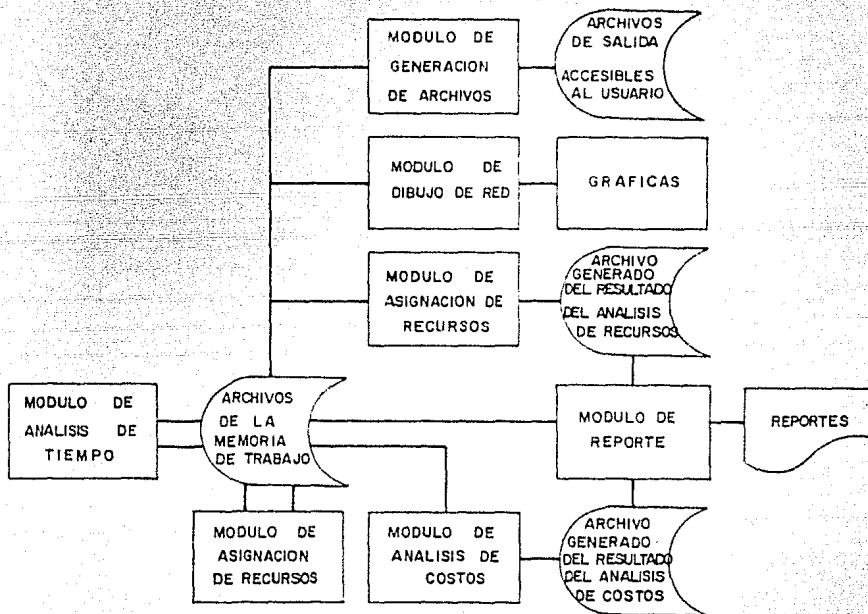
Los módulos de procesamiento de análisis de tiempo, análisis de recursos, análisis de costos y asignación de recursos - - efectúan solamente análisis de datos. Los resultados del -- análisis están a disposición del usuario por medio de los -- procesadores de reportes, dibujo de la red y generación de - archivos.

Cada procesador está estrictamente separado de los módulos - de definición de datos y cualquiera de los otros módulos pro cesadores en el sentido que los datos están siempre comunica dos vía archivos de memoria de trabajo especialmente diseña dos para este propósito. La figura C.3 ilustra los módulos de proceso.

### C.1.3 Módulos de Almacenamiento en Biblioteca.

Las redes pueden ser almacenadas en archivos de biblioteca y recuperados más tarde al requerirlo el usuario. Pueden ser almacenados después de ser procesados por la definición de - módulos de datos o después de ser procesados por uno o más - módulos de proceso que efectúan análisis de datos de las re des ( TPC y APC ).

Algunos resultados computacionales son también almacenados -



MODULOS DE PROCESO

UNAM	ENEP ZARAGOZA
	INGENIERIA QUIMICA
TESIS PROFESIONAL	
FIG. C. 3	
Lydia Jiménez González	Dibujo No. 39
Joaquín Alfonso Montoya Delgado	Fecha: 15-03-85



para uso subsecuente.

Las bibliotecas son comunmente usadas para almacenar redes para subsecuente actualización por el módulo de actualización, o para guardar itinerarios de redes y compararlos con datos de avance reportados mientras el proyecto se desarrolla.

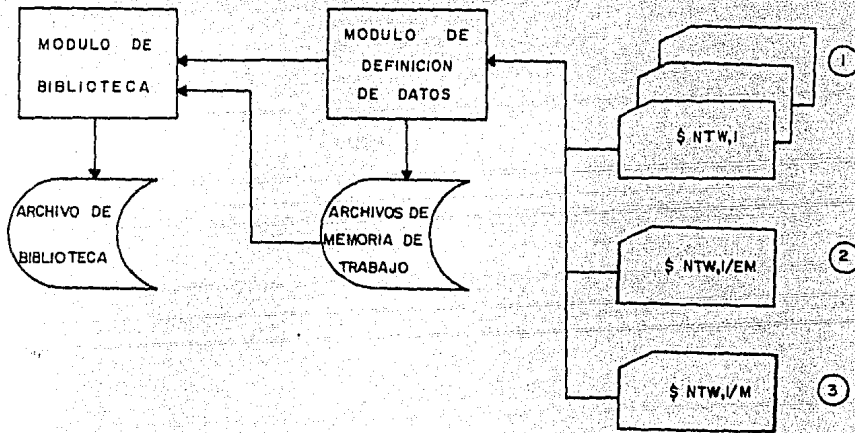
Las siguientes dos figuras ilustran el uso del módulo de biblioteca: la figura C.4 muestra la inserción de redes en una biblioteca, mientras que la figura C.5 muestra la liberación de redes a partir de archivos de biblioteca con o sin actualización o reportes de avance.

#### C.1.4 Módulos de Actualización de la Red.

Las redes (almacenadas en archivos de bibliotecas) pueden necesitar actualización. La figura C.5 da un ejemplo del uso del módulo de actualización cuando una red es recuperada de los archivos de biblioteca.

#### C.1.5 Proyectos Orientados a Redes.

La planificación estratégica para un proyecto está basada en la técnica de un plan para diagrama de redes. El paquete determina fechas calendario, costos acumulativos, costos proyectados y asignación de recursos. Cada tarea requerida está incluida en un diagrama de una red como una actividad que cons-

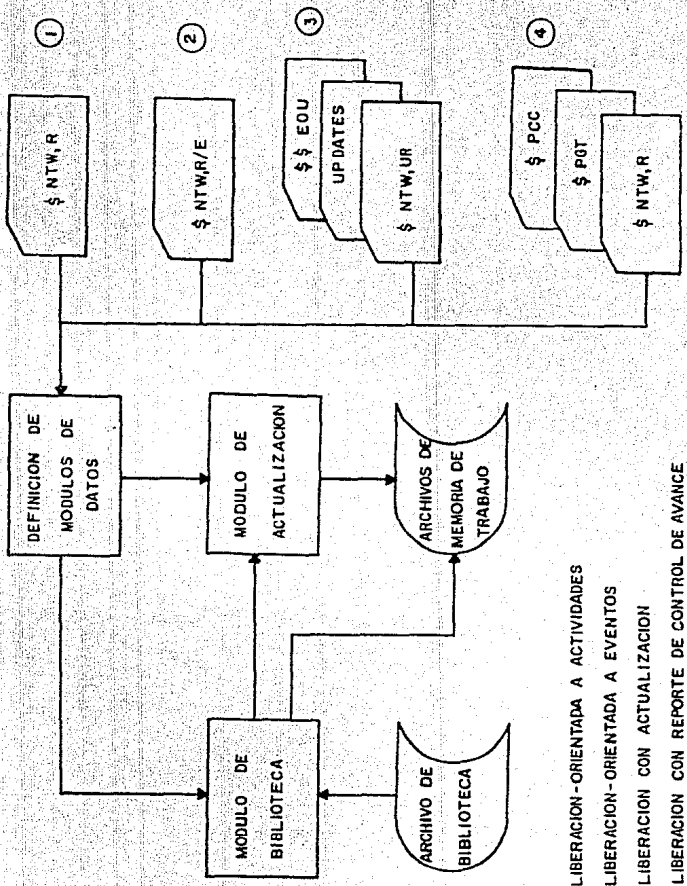


NOTAS:

- ① INSERCIÓN DE LA RED ORIGINAL-ORIENTADA A ACTIVIDADES
- ② INSERCIÓN DESPUES DE LA EJECUCIÓN DEL PROCESOR ORIENTADA A EVENTOS
- ③ INSERCIÓN DESPUES DE LA EJECUCIÓN DEL PROCESOR ORIENTADA A ACTIVIDADES

MODULO DE BIBLIOTECA-INSERCIÓN AL ARCHIVO DE LA BIBLIOTECA.

UNAM	ENEP ZARAGOZA INGENIERIA QUIMICA
TESIS PROFESIONAL	
FIG. C. 4	
Lydia Jiménez González	Dibujo No. 4 O
Joaquín Alfonso Monibya Delgado	Fecha: 15-03-85



- NOTAS:
- ① LIBERACION-ORIENTADA A ACTIVIDADES
  - ② LIBERACION-ORIENTADA A EVENTOS
  - ③ LIBERACION CON ACTUALIZACION
  - ④ LIBERACION CON REPORTE DE CONTROL DE AVANCE

MODULO DE BIBLIOTECA-LIBERACION DESDE EL ARCHIVO DE LA BIBLIOTECA

UNAM	EHEP ZARAGOZA INGENIERIA QUIMICA
TESIS PROFESIONAL	
FIG.C. 5	
Lydia Jiménez Gonzalez	Dibujo No. 41
Joaquin Alfonso Montoya Delgado	
Fecha: 15-03-85	

tituye una unidad de trabajo.

El paquete planea y controla proyectos basados en redes. Los elementos de un sistema basados en redes incluyen:

- . un sistema, el cual está compuesto de uno a más proyectos.
- . un proyecto, el cual está compuesto de una o más redes, y
- . una red, la cual está compuesta de actividades/eventos.

#### C.1.6 Interacción de Redes.

Una red, como usualmente es definida, normalmente consiste de una cantidad de actividades interdependientes.

El usuario puede fácilmente construir sus redes del proyecto por interconexión de los componentes de las redes. Esta característica (referida como interacción de redes) suministra flexibilidad y simplificación en lo que se refiere a la construcción en general, y aún más, cuando está relacionado con proyectos grandes.

La interconexión puede ser removida opcionalmente al tiempo de corrida, y por lo tanto las redes componentes pueden ser analizadas independientemente.

El sistema es capaz de procesar simultáneamente.

- . un múltiplo de redes totalmente independiente.

- . un múltiplo de redes interconectadas totalmente independientes.
  - . un múltiplo de redes totalmente independientes y grupos de redes interconectadas.
- Ver figura C.6.

#### C.1.7 Actividades Externas.

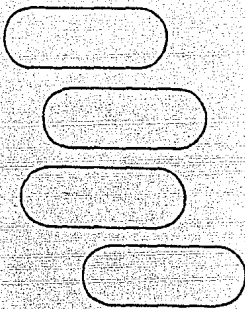
En general, cualquier actividad puede ser especificada como externa y de aquí que sea asociada con un nombre externo. Actividades en diferentes redes que tienen el mismo nombre externo son tratadas como una simple actividad común a estas redes.

Por lo tanto un punto de interacción se establece.

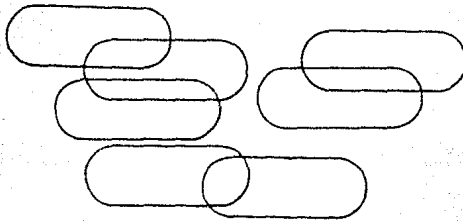
Dado que la definición externa implica una equivalencia entre actividades en dos o más redes, los datos asociados con estas actividades debe ser exactamente el mismo. Este requerimiento incluye atributos de tiempo, requerimientos de recursos, tiempo y avance de costos.

La figura C.7 ilustra el principio para establecer interconexiones de redes. El dibujo muestra actividades seleccionadas de seis redes y sus puntos de interacción. El primer componente de la red tiene identificación de las actividades 11, 12, 13,... el segundo 21, 22, 23,... y así sucesivamente.

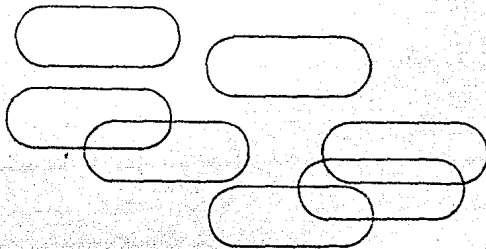
MÚLTIPLO DE REDES TOTALMENTE INDEPENDIENTES



MÚLTIPLO DE REDES INTERCONECTADAS TOTALMENTE INDEPENDIENTES

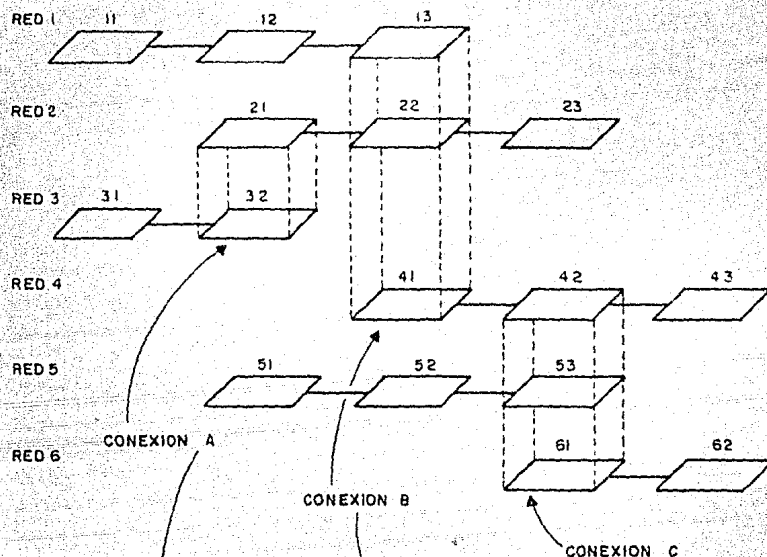


MÚLTIPLO DE REDES TOTALMENTE INDEPENDIENTES Y GRUPOS DE REDES INTERCONECTADAS

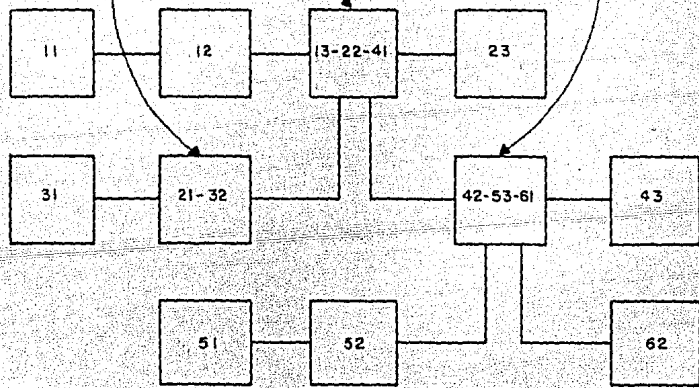


INTERACCION DE REDES

UNAM	ENEP ZARAGOZA
	INGENIERIA QUIMICA
TESIS PROFESIONAL	
FIG. C. 6	
Lydia Jiménez González	Dibujo No. 4 2
Joaquín Alfonso Montoya Delgadillo	Fecha: 15 - 03 - 85



EQUIVALENTE  
UNA SOLA RED



PRINCIPIO DE INTERCONEXION DE REDES

UNAM		ENEP ZARAGOZA	
		INGENIERIA QUIMICA	
TESIS PROFESIONAL			
FIG. C. 7			
Lydia Jiménez Gonzalez		Dibujo No. 43	
Joaquín Alfonso Montoyo Delgadillo		Fecha: 15-03-85	

Las actividades 21 y 32 tienen nombre externo A; las actividades 13, 22 y 41 tienen nombre externo B; y las actividades 42, 53 y 61 tienen nombre externo de C.

## C.2 Información Básica para el Uso del Paquete.

### C.2.1 Definición de la Red.

Las tarjetas de datos del ambiente de la red contienen datos formateados y están asociados con el comando \$ NTW y comandos subordinados. Ellos introducen al sistema, al archivo - de la biblioteca, o a ambos, información de redes.

El ambiente de la red incluye lo siguiente:

- . Estructura y atributos de tiempo
- . Atributos del texto
- . Requerimientos de recursos en el tiempo.
- . Distribución del costo en el tiempo.
- . Información del control de avance.
- . Información del control de avance de costos.
- . Actualización de redes.

La secuencia de datos de entrada es:

- |                        |   |
|------------------------|---|
| \$ NTW, L              | (requerido, si las definiciones de la red van a ser usadas).                    |
| Tarjetas de definición | (requerido, a menos que la red -- sea liberada desde un archivo de biblioteca). |



\$ STD, opciones	(requerido, a menos que la red -
tarjetas de actividades.	sea liberada desde un archivo -
	de biblioteca).
\$ TXT, opciones	(opcional)
tarjetas de textos.	
\$ RTD, opciones	(opcional)
tarjetas de requerimientos	
de recursos.	
\$ CTD, opciones	(opcional)
tarjetas de costo por	
actividad.	
\$ PGT, opciones	(opcional)
tarjetas de control de	
avance de tiempo.	
\$ PGC, opciones	(opcional)
tarjetas de control de	
avance de costos.	
\$ EOD	(requerido)

NOTA. El término de opciones se refiere al listado que se desea de las tarjetas de entrada.

El comando de control \$ NTW introduce al sistema, al archivo de la biblioteca, o a ambos, la definición de la red, las tarjetas que definen la red deben preceder a los comandos de control \$ STD, \$ TXT, \$ RTD, \$ CTD, \$ PGT y \$ PGC. De estas

seis proporciones de control con grupos de datos asociados, solamente \$ STD es requerido (y debe preceder a cualquiera de los otros). Las restantes proposiciones con grupos de datos asociados, son opcionales, y si se presentan, su secuencia no tiene importancia. La proposición \$ EOD termina la definición de la red.

El comando de control \$ STD define las relaciones estructurales de actividades y ciertos atributos de tiempo que pertenecen a actividades o eventos. Las tarjetas de actividades -- contienen datos formateados y están asociados con la proposición de control \$ STD.

Las tarjetas de textos definen la descripción textual de cada una de las actividades o eventos en la red. Estas descripciones pueden también servir como la base para clasificar y seleccionar actividades o eventos en los procesadores del paquete. Las tarjetas de textos contiene datos formateados y están asociados con la proposición de control \$ TXT. Parte del texto puede ser usado para controlar el procesador de -- asignación de recursos.

Las tarjetas de requerimientos de recursos definen las cantidades y tipos de recursos requeridos para cada actividad, -- también como el intervalo de tiempo. Ellas también definen-

si y como una actividad puede ser divisible en partes (con un retraso entre periodos de trabajo) a fin de cumplir con sus requerimientos de recursos.

La distribución de recursos en el tiempo son definidos separadamente por cada actividad de cada red. Existe espacio para dos requerimientos de recursos en cada tarjeta. Si una tarjeta necesita más de dos especificaciones, se pueden usar tarjetas de continuación. La identificación de actividades en las tarjetas de continuación deben ser idénticas a aquellas de la tarjeta principal.

Las tarjetas de requerimientos de recursos contienen datos formateados y están asociadas con la proposición de control \$ RTD.

Las tarjetas de costos por actividad definen costos y tiempos pertenecientes a las actividades. Las distribuciones de costo/tiempo son definidas separadamente por cada actividad de cada red. Las tarjetas de costos por actividad contienen datos formateados y están asociados con el comando de control \$ CTD.

Las tarjetas de control de avance de tiempo definen los datos de avance orientados a tiempo perteneciente a actividades.

des y eventos.

Las tarjetas de control de avance de tiempo contienen datos formateados y están asociados con la proposición de control \$ PGT.

Las tarjetas de control de avance de costos definen los costos reales para actividades. Las tarjetas de datos de avance de costos contienen datos formateados y están asociados con el comando de control \$ PGC.

#### C.2.2 Definición de Calendario.

El calendario base y los calendarios auxiliares definidos bajo la proposición de control \$ CAL suministran el eje del tiempo sobre el cual todo itinerario es hecho. Las directivas del calendario definen el eje de tiempo y permiten al usuario, en particular especificar lo siguiente:

- . Un calendario individual o múltiples calendarios.
- . Unidad de tiempo de una hora, día, semana o mes.
- . Periodos extraordinarios de descanso.

#### C.2.3 Definición de Recursos.

Las tarjetas de definición de recursos suministran información acerca de los recursos a usar. Otras tarjetas de definición de recursos definen lo siguiente:

- . Función de disponibilidad de recursos.
- . Función de costos unitarios de recursos.

Las tarjetas de definición de recursos contienen datos formateados y están asociadas con el comando de control \$ RDF.

La secuencia de datos de entrada de la definición de recursos es la siguiente:

\$ RDF, opciones (requerida, si las definiciones de recursos van a ser usadas)  
tarjetas de definición de recursos.

\$ RAV, opciones (opcional)  
tarjetas de disponibilidad de recursos.

\$ RUC, opciones (opcional)  
tarjetas de costos unitarios de recursos.

Las tarjetas del comando de control \$ RDF deben preceder a los comandos de control \$ RAV y \$ RUC (y sus tarjetas asociadas). La proposición \$ EOF termina la definición de recursos.

#### C.2.4 Definición de la División de la Estructura de Costos.

La directiva de la estructura de costos define la relación entre cuentas y subcuentas en varios niveles, tiene formato libre y está asociada con el comando de control \$ CBS.

Una directiva es legal: LEVEL. La estructura de costos obtenida por especificación de esta directiva puede ser representada en forma de diagrama de árbol, como se muestra en la figura C.8.

La secuencia de datos de entrada es:

\$ CBS, opciones	(requerida, si la información de la estructura de costos va a ser usada)
LEVEL	(requerida)
\$ EOD	(requerida)

La directiva de estructura de costos LEVEL es introducida por el comando de control \$ CBS y debe ser terminada por el comando de control \$ EOD.

#### C.2.5 Definiciones de Conversiones Corrientes.

Definen las conversiones básicas también como las conversiones auxiliares con sus relaciones de cambio en relación al cambio corriente básico. (Sin estas relaciones, los procesadores de análisis de costos y de reportes ignorarán cualquier especificación de cambio que pudiera existir para datos de costos). La directiva de conversiones corrientes tiene un formato libre y está asociado con la proposición de control \$ CCR.

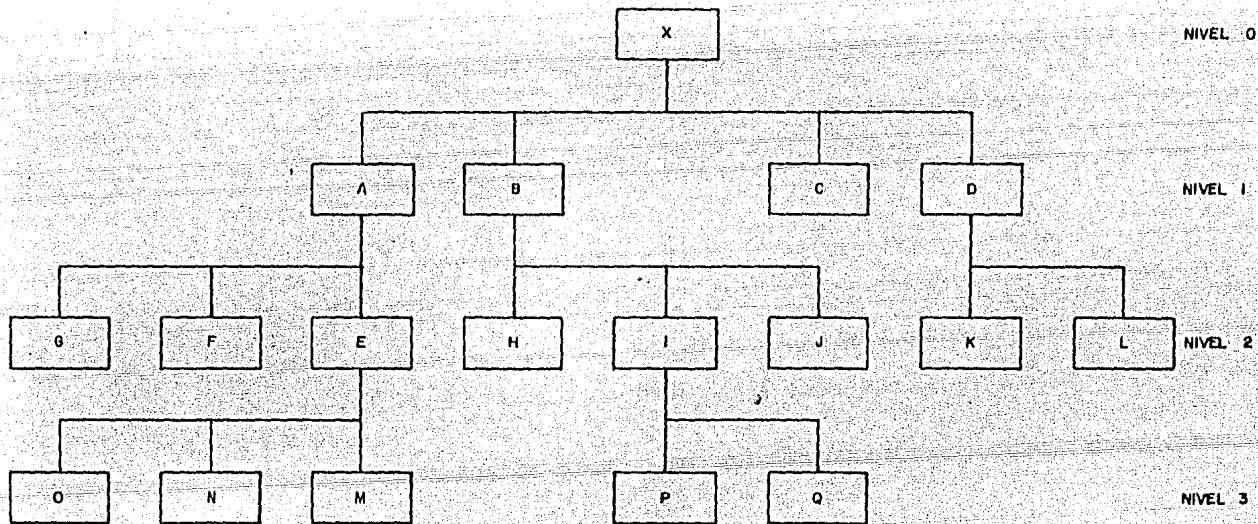


DIAGRAMA EN ARBOL DE LA ESTRUCTURA DE COSTO

UNAM	ENEP ZARAGOZA
TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA QUIMICA
FIG. C. 8	
Lydia Jimenez	Dibujo No. 4 4
Joaquin Alfonso	Fecha: 15-03-85
Montoya Delgado	

La secuencia de datos es la siguiente:

\$ CCR, opciones	(requerida, si la conversión corriente va a ser usada)
CONVERSION	(requerida)
\$ EOF	(requerida)

La directiva de conversión corriente (CONVERSION) es introducida por el comando de control \$ CCR y debe ser seguida por la proposición de control \$ EOF.

#### C.2.6 Definición de los Controles de los Módulos de Proceso.

Como se ha visto, existen siete procesadores:

1. Procesador de análisis de tiempo.
2. Procesador de análisis de recursos.
3. Procesador de análisis de costos.
4. Procesador de asignación de recursos.
5. Procesador de reportes.
6. Procesador de dibujo de la red.
7. Procesador de generación de archivos.

Las directivas definen el curso tomado por los procesadores cuando son activados. El procesador de análisis de tiempo -- tiene una entrada de datos formateada; los otros procesadores tienen entrada de datos de formato libre.

##### C.2.6.1 Control del Procesador de Análisis de Tiempo.



Las tarjetas de control del procesador de análisis de tiempo definen las redes para las cuales un análisis de tiempo es deseado. Puede ser seleccionada únicamente una red o grupo de redes interconectadas. Además para cada grupo seleccionado de redes, el usuario puede especificar modos diferentes de proceso también como el uso de datos especiales. No tienen que ser procesadas todas las redes definidas. Las tarjetas de control de análisis de tiempo contienen datos formateados y están asociados con el comando de control \$ TPC.

La secuencia de los datos de entrada es la siguiente:

\$ TPC, opciones (requerido, si el procesador de análisis de tiempo va a ser usado)

tarjetas de control de análisis de tiempo

\$ EOD (requerido)

\$ XQT, opciones TPC., (requerido)

El comando de control \$ TPC introduce al sistema la información del usuario para controlar al procesador de análisis de tiempo (en la forma de tarjetas de datos con formato). Estas tarjetas son terminadas por el comando de control \$ EOD.

El comando de control \$ XQT (con el parámetro TPC) activa al-

procesador de análisis de tiempo.

Al menos una tarjeta sigue normalmente al comando de control \$ TPC, todos los grupos seleccionados son analizados simultáneamente.

#### C.2.6.2 Control del Procesador de Análisis de Recursos.

Las directivas de análisis de recursos definen el proceso -- usado para calcular los requerimientos totales de recursos -- para un proyecto con las actividades en las posiciones computadas por el procesador de análisis de tiempo o el procesador de asignación de recursos. Las directivas de análisis de recursos tienen un formato libre y están asociadas con el comando de control \$ RPC.

Cinco directivas \$ RPC son legales:

- . GENINF
- . SELECT
- . EXCLUDE
- . OMIT
- . INCLUDE

La secuencia de los datos de entrada es:

\$ RPC, opciones (requerido, si el procesador-  
de análisis de recursos va a

	ser usado)
GENINF	(grupo 1 - requerido)
SELECT	(grupo 2 - opcional, pero -
EXCLUDE	si se suministra debe es--
OMIT	tar en esta secuencia)
INCLUDE	
\$ EOD	(requerido)
\$ XQT, opciones RPC.,	(requerido)

La proposición de control introduce al sistema la información del usuario para controlar al procesador de análisis de recursos (en forma de directivas).

Estas tarjetas finalizan mediante el comando de control \$ EOD. La proposición de control \$ XQT (con el parámetro RPC) activa al procesador de análisis de recursos.

La tarjeta de control \$ RPC puede ser seguida por varios paquetes. Las especificaciones de un paquete no influyen en el contenido de cualquier otro paquete. Un nuevo paquete es creado cada vez que una directiva GENINF se encuentra.

### C.2.6.3 Control del Procesador de Análisis de Costos.

Las directivas de análisis de costos definen el proceso necesario para transformar las especificaciones de costo de redes

seleccionadas por el usuario a una forma que sea apropiada - para el procesador del reporte. Las directivas del análisis de costos tienen formato libre para los datos y están asociados con el comando de control \$ CPC.

Dos directivas \$ CPS son legales:

- . GENINF
- . COMPUTE

La secuencia de los datos de entrada es:

\$ CPC, opciones	(requerido, si el procesador de análisis de costos va a ser usado)
GENINF	(grupo 1 - opcional)
COMPUTE	(grupo 2 - requerido)
\$ EOD	(requerido)
\$ XQT, opciones CPC.,	(requerido)

La proposición de control \$ CPC introduce al sistema la información del usuario para controlar el procesador de análisis de costos (en la forma de directivas). Estas tarjetas son finalizadas por la proposición de control \$ EOD. El comando de control \$ XQT (con el parámetro CPC) activa el procesador de análisis de costos.

Requerimientos de un análisis completo de costos consiste de-

directivos en la secuencia de grupo 1 seguido por grupo 2. -  
La directiva GENINF es opcional, pero si se presenta, debe -  
estar al principio en cada paquete.

#### C.2.6.4 Control del Procesador de Asignación de Recursos.

Las directivas de asignación de recursos definen el proceso-  
a ser utilizado para asignarles un itinerario a las actividades  
dentro del tiempo y los recursos disponibles.

Las directivas de la asignación de recursos son de formato -  
libre y están asociadas con el comando de control \$ APC. El  
proceso de asignación está basado en:

- Los resultados del proceso de análisis de tiempo.
- Requerimientos de recursos.
- Disponibilidad de recursos.

Siete directivas \$ APC son legales.

- . GENINF
- . SELECT
- . EXCLUDE
- . OMIT
- . INCLUDE
- . PRIORITY
- . ALLOCATE

La secuencia de datos de entrada es:

\$ APC, opción	(requerido, si el procesador de asignación de recursos - va a ser usado)
GENINF	(grupo 1 - opcional)
SELECT	(grupo 2 - opcional, pero si se suministra debe estar en esta secuencia)
EXCLUDE	
OMIT	
INCLUDE	
PRIORITY	(grupo 3 - opcional)
ALLOCATE	(grupo 4 - requerido)
\$ EOD	(requerido)
\$ XQT, opciones APC.,	(requerido)

El comando de control \$ APC introduce al sistema la información del usuario para controlar el procesador de asignación de recursos (en la forma de directivas). Estas tarjetas son terminadas por el comando de control \$ EOD. El comando de control \$ XQT (con el parámetro APC) activa el procesador de asignación. Si la directiva ALLOCATE no está presente, el requerimiento de asignación se ignora.

#### C.2.6.5 Control del Procesador de Reportes.

Las directivas del procesador de reportes definen los tipos de reportes de salida que el usuario requiere y describe la-

selección y criterios de clasificación para que la información sea incluida en los reportes. Las directivas del procesador de reportes tienen formato libre y están asociadas con el comando de control \$ REP.

Ocho directivas son legales:

- . GENINF
- . SPECINF
- . SELECT
- . EXCLUDE
- . OMIT
- . INCLUDE
- . SORT
- . OUTPUT

La secuencia de los datos de entrada es la siguiente:

\$ REP, opciones	(requerido, si el procesador de reportes va a ser usado)
GENINF	(grupo 1 - opcional, pero si se suministra, debe ser en esta secuencia)
SPECINF	(grupo 1 - opcional, pero si se suministra, debe ser en esta secuencia)
SELECT	(grupo 2 - opcional, pero si se suministra, los primeros 4 deben estar en esta secuencia)
EXCLUDE	(grupo 2 - opcional, pero si se suministra, los primeros 4 deben estar en esta secuencia)
OMIT	(grupo 2 - opcional, pero si se suministra, los primeros 4 deben estar en esta secuencia)
INCLUDE	(grupo 2 - opcional, pero si se suministra, los primeros 4 deben estar en esta secuencia)

SORT	
OUTPUT	(grupo 3 - requerido)
\$ EOD	(requerido)
\$ XQT, opciones REP.,	(requerido)

La proposición de control introduce al sistema la información del usuario para controlar al procesador de reportes (en la forma de directivas).

Estas tarjetas son finalizadas por el comando de control \$ -- EOD. El comando de control \$ XQT (con el parámetro REP) activa al procesador de reportes.

Una tarjeta de control \$ REP puede ser seguida por varios paquetes, cada paquete es independiente; vgr. las especificaciones para un paquete no influyen en la salida de cualquier otro paquete.

#### C.2.6.6 Control del Procesador de Dibujo de la Red.

Las directivas del graficado de la red definen el tipo de gráficas que el usuario requiere y describe la selección y los criterios de clasificación para la información necesitada en la salida.

Las directivas tienen formatos de datos libre y están asociadas



das con el comando de control \$ PLT.

Ocho directivas del \$ PLT son legales:

- . GENINF
- . OPTIMISE
- . SELECT
- . EXCLUDE
- . OMIT
- . INCLUDE
- . SORT
- . OUTPUT

Las secuencias de los datos de entrada es:

\$ PLT, opciones	(requerido, si el procesador- de dibujo va a ser usado)
GENINF	(grupo 1 - opcional)
OPTIMISE	(grupo 2 - opcional)
SELECT	(grupo 3 - opcional, pero de-
EXCLUDE	ben ser dados en este orden)
OMIT	
INCLUDE	
SORT	
OUTPUT	(grupo 4 - requerido)
\$ EOD	(requerido)
\$ XQT, opciones PLT.,	(requerido)

El comando de control \$ PLT introduce al sistema la información del usuario para controlar el procesador de graficado - (en la forma de directivas). Estas tarjetas son finalizadas por el comando de control \$ EOD. El comando de control - - \$ XQT activa al procesador de graficado. Una tarjeta de control \$ PLT puede ser seguida por varios paquetes de requerimientos de gráficas. Cada uno es independiente; vgr. las especificaciones para un paquete no influyen en la salida de - cualquier otro paquete.

#### C.2.6.7 Control del Procesador de Generación de Archivos.

Las directivas de generación de archivos definen que estructura de datos desea el usuario transferir de los archivos de trabajo a los archivos de salida accesibles al usuario. Las directivas tienen formato libre y están asociadas con el comando de control \$ FGP.

Dos directivas son legales:

- . GENINF
- . GENERATE

La secuencia de datos de entrada es:

\$ FGP, opciones	(requerida, si el procesador de generación de archivos - va a ser usado)
GENINF	(grupo 1 - opcional)

GENERATE	(grupo 2 - requerido)
\$ EOD	(requerido)

El comando de control \$ FGP introduce al sistema la información (en forma de directivas) del usuario para controlar al procesador de generación de archivos.

Una tarjeta de control \$ FGP puede ser seguida por varios paquetes que requieran formación de archivos. Cada uno es independiente; vgr. las especificaciones de uno no influyen en la salida de cualquier otro paquete.

### C.3 DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DESARROLLADO.

El paquete administrativo desarrollado se compone de ocho módulos.

En el módulo principal se realiza la transferencia de las variables que el usuario alimenta y efectúa el control de los otros módulos.

En el módulo PERTB se efectúa la lectura de los datos del proyecto, verifica la secuencia lógica de los eventos y realiza la evaluación del número de actividades que constituyen el proyecto. Compara los tiempos de ejecución de cada actividad, con la finalidad de estimar el tiempo esperado de ejecución, y en caso de que no se de algún valor de los tiempos optimista, pesimista o más probable; este módulo realiza la asignación de alguno de estos en forma tal que pueda evaluarse el tiempo esperado de ejecución.

El módulo PERTU determina, en base a los tiempos esperados calculados en el -

módulo anterior, los tiempos de iniciación y terminación más tempranos para = cada actividad.

El módulo denominado PERTJ envía un aviso de la existencia de un anidamiento en la red, causada por la presencia de actividades con el mismo número de iniciación y de terminación.

En el módulo PERTR se determinan los tiempos de iniciación y terminación más tardíos.

En este módulo se calculan las holguras totales de cada actividad.

El módulo PERTG realiza la obtención de la holgura libre de cada actividad, el costo total del proyecto, la duración calculada y la fecha de terminación.

En el módulo PERTS se determinan las varianzas de las actividades que conforman el proyecto. Este módulo presenta una tabla con los tiempos esperados, los tiempos de iniciación y terminación más tempranos y tardíos, las holguras total y libre, y la diferencia entre las duraciones pesimista y optimista.

La determinación de la probabilidad que tendrá cada actividad en el cumplimiento de su ejecución se efectúa en el módulo PERTO, que establece, además, la probabilidad de terminación, en una fecha establecida, de cada evento.

A P E N D I C E ' D '

OPTIMA 1100 N-2  
PROJECT MANAGEMENT SYSTEM

TIME LISTING

18 OF 19 ACTIVITIES. PAGE 1 OF 1  
MEMOR D00001 - 01JUN84  
SELECTO D00001 - 01JUN84

DATE 21JUN84 NETWORK AM0001

SUBDIRECCION DE INGENIERIA DE PROYECTOS DE EXPLOTACION

PROJECT

ACTIVITY IDENTIFICATION	ACTIVITY DESCRIPTION	ACTIVITY TYPE	EST. START	EST. FINISH	LATEST START	LATEST FINISH	FLOAT	TOT. FR.
BABM0001	INICIO DE PROYECTO	INF. BAS.	1 2106NO83	0106NO83			0	0
BABM0002	ELABORAC. ESPEC. PARA TRAB. EN CAMPO	TRAB. CAM.	10 7 10NOV83	23NOV83			0	0
BABM0003	INSPECCION IN SITU	INSPECCION	15 2 24NOV83	14DIC83			0	0
BABM0004	LEV. GEO. FDO. REAL DE LA JUNTA EXPANSION	LEV. GEO.	20 2 24NOV83	23DIC83	07MAY84	01JUN84	117	117
BABM0005	DISEÑO CONCEPTUAL DISP. MEDICION LOCAL	DISEÑO C.	15 2 15DIC83	23DIC83			0	0
BABM0006	DISEÑO DETALLADO DISP. MEDICION LOCAL	DISEÑO D.	10 2 22DIC83	04ENE84			0	0
BABM0007	ESPECIFICACIONES DISP. MEDICION LOCAL	ESPECIFIC.	10 2 05ENE84	18ENE84			0	0
BABM0008	ELABORACION PROCEDIM. MEDICION LOCAL	PROCEDIM.	15 2 05ENE84	25ENE84			0	0
BABM0009	FABRICACION DISPOSITIVO MEDICION LOCAL	FABRICAC.	10 2 19ENE84	03FEB84			0	0
BABM0010	PREPARACION DE MEDICION EN CAMPO	PREP. FDO.	5 2 26ENE84	03FEB84			0	0
BABM0011	MEDICION EN CAMPO	MED. CAMPO	15 2 02FEB84	22FEB84			0	0
BABM0012	EVALUACION RESULTADOS OBTENIDOS	EVAL. RES.	10 2 23FEB84	07MAR84			0	0
BABM0013	RECOMENDACIONES	RECOMEND.	7 2 07MAR84	16MAR84			0	0
BABM0014	ELABORACION PROCEDIMIENTO DE REPARACION	PROC. REP.	20 2 19MAR84	13ABR84			0	0
BABM0015	FABRICACION E INSTALACION DE ELEM. REP.	FABRICAC.	20 2 19MAR84	13ABR84			0	0
BABM0016	REVISION DEL REPORTE DE LA COMPANIA	REV. REP.	10 2 16ABR84	27ABR84			0	0
BABM0017	ELABORACION REPORTE FINAL	REP. FINAL	20 2 30ABR84	26MAY84			0	0
BABM0018	CONCLUSION FINAL	CON. FINAL	5 2 28MAY84	01JUN84			0	0



DATE 21JUN84 NETWORK AM0001 SUBDIRECCION DE INGENIERIA DE PROYECTOS DE EXPLOTACION PROJECT

149

ACTIVITY IDENTIFICATION	ACTIVITY DESCRIPTION	DEP. COO	LEAD /LAG	ACTIVITY TIME CL	START	FINISH	START	FINISH	P	FLOAT	
*PRED BAB40011	MEDICION EN CAMPO			15	2	02FEB84	22FEB84			0	0
BAB40012	EVALUACION RESULTADOS OBTENIDOS	*****		10	2	23FEB84	07MAR84			0	0
*SUCC BAB40013	RECOMENDACIONES			7	2	08MAR84	16MAR84			0	0
*PRED BAB40012	EVALUACION RESULTADOS OBTENIDOS			10	2	23FEB84	07MAR84			0	0
BAB40013	RECOMENDACIONES	*****		7	2	08MAR84	16MAR84			0	0
*SUCC BAB40015	FABRICACION E INSTALACION DE ELEM. REP.			20	2	19MAR84	13APR84			0	0
*SUCC BAB40014	ELABORACION PROCEDIMIENTO DE REPARACION			20	2	19MAR84	13APR84			0	0
*PRED BAB40013	RECOMENDACIONES			7	2	08MAR84	16MAR84			0	0
BAB40014	ELABORACION PROCEDIMIENTO DE REPARACION	*****		20	2	19MAR84	13APR84			0	0
*SUCC BAB40016	REVISION DEL REPORTE DE LA COMPACTA			10	2	16ABR84	27ABR84			0	0
*PRED BAB40013	RECOMENDACIONES			7	2	08MAR84	16MAR84			0	0
BAB40015	FABRICACION E INSTALACION DE ELEM. REP.	*****		20	2	19MAR84	13APR84			0	0
*SUCC BAB40016	REVISION DEL REPORTE DE LA COMPACTA			10	2	16ABR84	27ABR84			0	0
*PRED BAB40015	FABRICACION E INSTALACION DE ELEM. REP.			20	2	19MAR84	13APR84			0	0
BAB40014	ELABORACION PROCEDIMIENTO DE REPARACION	*****		20	2	19MAR84	13APR84			0	0
BAB40016	REVISION DEL REPORTE DE LA COMPACTA			10	2	16ABR84	27ABR84			0	0
*SUCC BAB40017	ELABORACION REPORTE FINAL			20	2	30ABR84	25MAY84			0	0
*PRED BAB40016	REVISION DEL REPORTE DE LA COMPACTA			10	2	16ABR84	27ABR84			0	0
BAB40017	ELABORACION REPORTE FINAL	*****		20	2	30ABR84	25MAY84			0	0
*SUCC BAB40018	CONCLUSION FINAL			5	2	28MAY84	01JUN84			0	0
*PRED BAB40017	ELABORACION REPORTE FINAL			20	2	30ABR84	25MAY84			0	0
BAB40018	CONCLUSION FINAL	*****		5	2	28MAY84	01JUN84			0	0





DATE 21JUN84 NETWORK AM001

PROJECT

NETWORK 09NOV83 - 01JUN84  
TIME 175 07NOV83 - 30NOV84

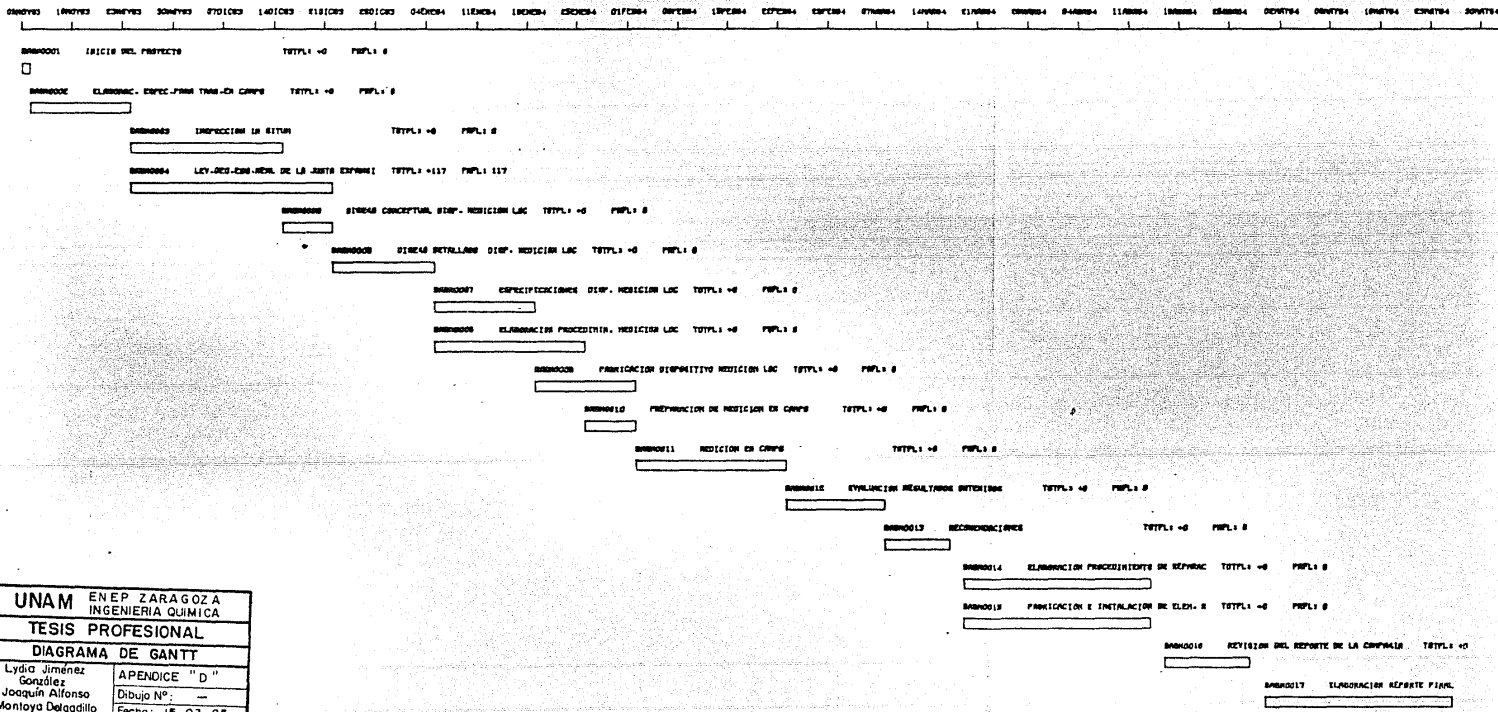
SUBDIRECCION DE INGENIERIA DE PROYECTOS DE EXPLOTACION

ACTIVITY IDENTIFICATION	POSITIVE TOTAL FLOAT FREE FLOAT CYCLIC NOT SIGN.	DUMMY ACTIVITY SPECIFIED HOLIDAY CHANGE OF TIME UNIT	HAMMOCK TOTAL ACT WITH PROGRESS	HORIZONTAL PART NO. VERTICAL PART NO. LOCATION	EARLY
BABN001 INICIA DEL PROYECTO					
BABN002 ELABORAC. ESPEC. PARA TRAB. EN CAMPO					
BABN003 INSPECCION IN SITU					
BABN004 LEV. GEO. ED. REAL DE LA JUNTA EXPANSION					
BABN005 DISEÑO CONCEPTUAL DISP. MEDICION LOCAL					
BABN006 DISEÑO METALLADO DISP. MEDICION LOCAL					
BABN007 ESPECIFICACIONES DISP. MEDICION LOCAL					
BABN008 ELABORACION PROCEDIMIN. MEDICION LOCAL					
BABN009 FABRICACION DISPOSITIVO MEDICION LOCAL					
BABN010 PREPARACION DE MEDICION EN CAMPO					
BABN011 MEDICION EN CAMPO					
BABN012 EVALUACION RESULTADOS OBTENIDOS					
BABN013 RECOMENDACIONES					
BABN014 ELABORACION PROCEDIMIENTO DE REPARACION					
BABN015 FABRICACION E INSTALACION DE ELEMENTOS REP.					
BABN016 REVISION DEL REPORTE DE LA COMPACTA					
BABN017 ELABORACION REPORTE FINAL					
BABN018 CONCLUSION FINAL					

151

OPTIMA 1100 4.2 (11JUL84 -- 16 17 06) PAGE (1 .1 )  
 \*\*\* BAR CHART AFTER TIME ANALYSIS \*\*\*  
 NETWORK: AM0001  
 LOCATION: EARLY 18 OF 18 ACTIVITIES SELECTED  
 NETWORK DATE: 09NOV83 - 01JUN84 TIME AXIS: 09NOV83 - 01JUN84

DIAGRAMA GENERAL  
 (programado)



UNAM	ENEP ZARAGOZA
	INGENIERIA QUIMICA
TESIS PROFESIONAL	
DIAGRAMA DE GANTT	
Lydia Jiménez	APENDICE "D"
González	Dibujo N°: —
Joaquín Alfonso	Fecha: 15-03-85
Mantoya Delgado	

PROYECTO	ANALISIS	CONCEPT	DEFINICION	PROYECTO	CURVA DE EXPANSION EN PT ENLACE AXIAL "C". S/FFC.														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
					COS	TS	DESCRIPCION	PT											
1	1	1	1	1	1000.0	871109	IMPIC DEL PROYECTO	3											
2	1	3	10	10	2100.0	871123	ELAB. LEVIC. DYCAPP	10											
3	1	15	20	10	3100.0	871221	REV. GEOM. ED. CURVA	10											
4	1	19	10	10	5100.0	871224	INSPECCION EN ESTIM.	11											
5	1	7	0	0	0.0	0.0	ACTIVIDAD FICTICIA.	0											
6	1	9	0	0	0.0	871721	OTROS TRS. MLC. LDC.	5											
7	1	10	10	10	0.0	843109	DELETA. DEP. MLC. 100'	10											
8	1	3	20	10	0.0	843117	DELETA. DEP. MLC.	10											
9	1	12	10	10	0.0	843122	ELAB. DEP. MLC. 100'	10											
10	1	7	10	10	0.0	843123	ELAB. DEP. MLC. 100'	10											
11	1	13	10	10	0.0	843124	ELAB. DEP. MLC. 100'	10											
12	1	4	0	0	0.0	843125	ELAB. DEP. MLC. 100'	10											
13	1	3	0	0	0.0	843126	ELAB. DEP. MLC. 100'	10											
14	1	14	10	10	0.0	843127	ELAB. DEP. MLC. 100'	10											
15	1	15	10	10	0.0	843128	ELAB. DEP. MLC. 100'	10											
16	1	16	10	10	0.0	843129	ELAB. DEP. MLC. 100'	10											
17	1	17	10	10	0.0	843130	ELAB. DEP. MLC. 100'	10											
18	1	18	10	10	0.0	843131	ELAB. DEP. MLC. 100'	10											
19	1	19	10	10	0.0	843132	ELAB. DEP. MLC. 100'	10											
20	1	20	10	10	0.0	843133	ELAB. DEP. MLC. 100'	10											
21	1	21	10	10	0.0	843134	ELAB. DEP. MLC. 100'	10											
22	1	22	10	10	0.0	843135	ELAB. DEP. MLC. 100'	10											
23	1	23	10	10	0.0	843136	ELAB. DEP. MLC. 100'	10											
24	1	24	10	10	0.0	843137	ELAB. DEP. MLC. 100'	10											
25	1	25	10	10	0.0	843138	ELAB. DEP. MLC. 100'	10											
26	1	26	10	10	0.0	843139	ELAB. DEP. MLC. 100'	10											
27	1	27	10	10	0.0	843140	ELAB. DEP. MLC. 100'	10											
28	1	28	10	10	0.0	843141	ELAB. DEP. MLC. 100'	10											
29	1	29	10	10	0.0	843142	ELAB. DEP. MLC. 100'	10											
30	1	30	10	10	0.0	843143	ELAB. DEP. MLC. 100'	10											

FECHA DE TERMINACION DEL PROYECTO: 1987  
ULTIMA ACTIVIDAD DEL PROYECTO: TERMINACION PROYECTO

21 ACTIVIDADES EN ESTE PROYECTO. TOTAL PT = 100.

LDC'S UTILIZAS CON PRIMER MODO - ULTIMO MODO

19

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12







0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
REPORTE DE	NO. DE	PROBABILIDAD	TIPO DE	EVENTO												
TITULO DEL	PROYECTO				EN EL ENLACE ANAL. COM. SURCO.											
EL EVENTO	1	100%	DE	TERMINACION (FF)	DE	1	LA	PROBABILIDAD	DE	TERMINACION	PARA	EL	DA	831109	ES	100.0
EL EVENTO	2	100%	DE	TERMINACION (FF)	DE	11	LA	PROBABILIDAD	DE	TERMINACION	PARA	EL	DA	831123	ES	100.0
EL EVENTO	3	100%	DE	TERMINACION (FF)	DE	21	LA	PROBABILIDAD	DE	TERMINACION	PARA	EL	DA	831221	ES	100.0
EL EVENTO	4	100%	DE	TERMINACION (FF)	DE	26	LA	PROBABILIDAD	DE	TERMINACION	PARA	EL	DA	831214	ES	100.0
EL EVENTO	5	100%	DE	TERMINACION (FF)	DE	31	LA	PROBABILIDAD	DE	TERMINACION	PARA	EL	DA	831221	ES	100.0
EL EVENTO	6	100%	DE	TERMINACION (FF)	DE	41	LA	PROBABILIDAD	DE	TERMINACION	PARA	EL	DA	840104	ES	100.0
EL EVENTO	7	100%	DE	TERMINACION (FF)	DE	51	LA	PROBABILIDAD	DE	TERMINACION	PARA	EL	DA	840116	ES	100.0
EL EVENTO	8	100%	DE	TERMINACION (FF)	DE	61	LA	PROBABILIDAD	DE	TERMINACION	PARA	EL	DA	840119	ES	100.0
EL EVENTO	9	100%	DE	TERMINACION (FF)	DE	76	LA	PROBABILIDAD	DE	TERMINACION	PARA	EL	DA	840119	ES	100.0
EL EVENTO	10	100%	DE	TERMINACION (FF)	DE	81	LA	PROBABILIDAD	DE	TERMINACION	PARA	EL	DA	840201	ES	100.0
EL EVENTO	11	100%	DE	TERMINACION (FF)	DE	91	LA	PROBABILIDAD	DE	TERMINACION	PARA	EL	DA	840201	ES	100.0
EL EVENTO	12	100%	DE	TERMINACION (FF)	DE	96	LA	PROBABILIDAD	DE	TERMINACION	PARA	EL	DA	840201	ES	100.0
EL EVENTO	13	100%	DE	TERMINACION (FF)	DE	96	LA	PROBABILIDAD	DE	TERMINACION	PARA	EL	DA	840222	ES	100.0
EL EVENTO	14	100%	DE	TERMINACION (FF)	DE	96	LA	PROBABILIDAD	DE	TERMINACION	PARA	EL	DA	840307	ES	100.0
EL EVENTO	15	100%	DE	TERMINACION (FF)	DE	96	LA	PROBABILIDAD	DE	TERMINACION	PARA	EL	DA	840316	ES	100.0
EL EVENTO	16	100%	DE	TERMINACION (FF)	DE	115	LA	PROBABILIDAD	DE	TERMINACION	PARA	EL	DA	840416	ES	100.0
EL EVENTO	17	100%	DE	TERMINACION (FF)	DE	123	LA	PROBABILIDAD	DE	TERMINACION	PARA	EL	DA	840416	ES	100.0
EL EVENTO	18	100%	DE	TERMINACION (FF)	DE	143	LA	PROBABILIDAD	DE	TERMINACION	PARA	EL	DA	840503	ES	100.0
EL EVENTO	19	100%	DE	TERMINACION (FF)	DE	143	LA	PROBABILIDAD	DE	TERMINACION	PARA	EL	DA	840521	ES	100.0
EL EVENTO	20	100%	DE	TERMINACION (FF)	DE	146	LA	PROBABILIDAD	DE	TERMINACION	PARA	EL	DA	840607	ES	100.0



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PROJECT NO.	ANALYST	PROJECT	DESCRIPTION	CRS	REV	DESCRIPTION	FT					
1	A	1	10000	00000	10000	10000	10					
2		2	10000	00000	10000	10000	10					
3		3	10000	00000	10000	10000	10					
4		4	10000	00000	10000	10000	10					
5		5	10000	00000	10000	10000	10					
6		6	10000	00000	10000	10000	10					
7		7	10000	00000	10000	10000	10					
8		8	10000	00000	10000	10000	10					
9		9	10000	00000	10000	10000	10					
10		10	10000	00000	10000	10000	10					
11		11	10000	00000	10000	10000	10					
12		12	10000	00000	10000	10000	10					
13		13	10000	00000	10000	10000	10					
14		14	10000	00000	10000	10000	10					
15		15	10000	00000	10000	10000	10					
16		16	10000	00000	10000	10000	10					
17		17	10000	00000	10000	10000	10					
18		18	10000	00000	10000	10000	10					
19		19	10000	00000	10000	10000	10					
20		20	10000	00000	10000	10000	10					
21		21	10000	00000	10000	10000	10					
22		22	10000	00000	10000	10000	10					
23		23	10000	00000	10000	10000	10					
24		24	10000	00000	10000	10000	10					
25		25	10000	00000	10000	10000	10					
26		26	10000	00000	10000	10000	10					
27		27	10000	00000	10000	10000	10					
28		28	10000	00000	10000	10000	10					
29		29	10000	00000	10000	10000	10					
30		30	10000	00000	10000	10000	10					
31		31	10000	00000	10000	10000	10					
32		32	10000	00000	10000	10000	10					
33		33	10000	00000	10000	10000	10					
34		34	10000	00000	10000	10000	10					
35		35	10000	00000	10000	10000	10					
36		36	10000	00000	10000	10000	10					
37		37	10000	00000	10000	10000	10					
38		38	10000	00000	10000	10000	10					
39		39	10000	00000	10000	10000	10					
40		40	10000	00000	10000	10000	10					
41		41	10000	00000	10000	10000	10					
42		42	10000	00000	10000	10000	10					
43		43	10000	00000	10000	10000	10					
44		44	10000	00000	10000	10000	10					
45		45	10000	00000	10000	10000	10					
46		46	10000	00000	10000	10000	10					
47		47	10000	00000	10000	10000	10					
48		48	10000	00000	10000	10000	10					
49		49	10000	00000	10000	10000	10					
50		50	10000	00000	10000	10000	10					
51		51	10000	00000	10000	10000	10					
52		52	10000	00000	10000	10000	10					
53		53	10000	00000	10000	10000	10					
54		54	10000	00000	10000	10000	10					
55		55	10000	00000	10000	10000	10					
56		56	10000	00000	10000	10000	10					
57		57	10000	00000	10000	10000	10					
58		58	10000	00000	10000	10000	10					
59		59	10000	00000	10000	10000	10					
60		60	10000	00000	10000	10000	10					
61		61	10000	00000	10000	10000	10					
62		62	10000	00000	10000	10000	10					
63		63	10000	00000	10000	10000	10					
64		64	10000	00000	10000	10000	10					
65		65	10000	00000	10000	10000	10					
66		66	10000	00000	10000	10000	10					
67		67	10000	00000	10000	10000	10					
68		68	10000	00000	10000	10000	10					
69		69	10000	00000	10000	10000	10					
70		70	10000	00000	10000	10000	10					
71		71	10000	00000	10000	10000	10					
72		72	10000	00000	10000	10000	10					
73		73	10000	00000	10000	10000	10					
74		74	10000	00000	10000	10000	10					
75		75	10000	00000	10000	10000	10					
76		76	10000	00000	10000	10000	10					
77		77	10000	00000	10000	10000	10					
78		78	10000	00000	10000	10000	10					
79		79	10000	00000	10000	10000	10					
80		80	10000	00000	10000	10000	10					
81		81	10000	00000	10000	10000	10					
82		82	10000	00000	10000	10000	10					
83		83	10000	00000	10000	10000	10					
84		84	10000	00000	10000	10000	10					
85		85	10000	00000	10000	10000	10					
86		86	10000	00000	10000	10000	10					
87		87	10000	00000	10000	10000	10					
88		88	10000	00000	10000	10000	10					
89		89	10000	00000	10000	10000	10					
90		90	10000	00000	10000	10000	10					
91		91	10000	00000	10000	10000	10					
92		92	10000	00000	10000	10000	10					
93		93	10000	00000	10000	10000	10					
94		94	10000	00000	10000	10000	10					
95		95	10000	00000	10000	10000	10					
96		96	10000	00000	10000	10000	10					
97		97	10000	00000	10000	10000	10					
98		98	10000	00000	10000	10000	10					
99		99	10000	00000	10000	10000	10					
100		100	10000	00000	10000	10000	10					

150

TOTAL PROJECTS = 100

TOTAL PROJECTS = 100











## BIBLIOGRAFIA

1. BENDER, P.S., Nothup, W.D. y Shapiro, J.F., MODELO PRACTICO DE PLANIFICACION PARA EL EMPLEO OPTIMO DE RECURSOS, edit. Prentice Hall.
2. BERMAN, E.B., "Resource allocation in a PERT network under continuous -- activity TIME-COST functions", MANAGEMENT SCIENCE, Vol. 10, No. 4, Julio 1964, pp. 734-745.
3. BURGESS, A.R. y Killebrew, J.B., "Variation in activity level on a cyclical arrow diagram", JOURNAL OF INDUSTRIAL ENGINEERING, Vol. 13, No. 2, Marzo-abril-1962, pp. 76-83.
4. BURT Jr., J.M. y Garman, M.B., "Conditional Monte Carlo: a simulation -- technique for stochastic network analysis", MANAGEMENT SCIENCE, Vol. 18, No. 3, Noviembre-19-1971, pp. 207-217.
5. CLARK, C.E., "The optimum allocation of resources among the activities of a network", JOURNAL OF INDUSTRIAL ENGINEERING, Vol. 12, No. 1, Enero-febrero-1961, pp. 11-17.
6. CLARK, C.E., "The PERT model for the distribution of an activity time", OPERATIONS RESEARCH, Vol. 10, No. 3, Mayo-Junio-1962, pp. 405-406.
7. CORDOBA C., Julio, MODELOS Y TECNICAS DE SISTEMAS APLICADOS A LA ADMINISTRACION DE PROYECTOS, Publicaciones del INCAP-INAP, Noviembre -1979.
8. DAVIS, E.W., "Resource Allocation in project network models - a survey", JOURNAL OF INDUSTRIAL ENGINEERING, Vol. 17, No. 4, Abril-1961, pp.177-188.
9. DAVIS, E.W., PROJECT MANAGEMENT: TECHNIQUES APPLICATIONS AND MANAGERIAL, edit. Van Nostrand Reinhold Co.



10. DAVIS, E.W., y Heidorn, G.E., "An algorithm for optimal project scheduling under multiple resource constraints", MANAGEMENT SCIENCE, Vol. 17, No. 12, Agosto-1971, pp. B-803-B-816.
11. DAVIS, E.W. y Patterson J.H., "A comparison of heuristic and optimum solutions in resource-constrained project scheduling", MANAGEMENT SCIENCE Vol. 21, No. 8, abril-1975, pp. 944-955.
12. FARIAS Vera, Agustín, "Manual de uso del paquete OPTIMA", INFORMACION CONFIDENCIAL, I.M.P.
13. FEDERAL ELECTRIC CORPORATION, A PROGRAMMED INTRODUCTION TO PERT, 1963.
14. FEDERAL ELECTRIC CORPORATION, EL METODO PERT, 1969, Ciencia y Técnica, S.L. Madrid, España.
15. FENLEY, L.G., "Toward the development of a complete multiproject scheduling system", JOURNAL OF INDUSTRIAL ENGINEERING, Vol. 12, No. 10, Octubre-1968, pp. 505-515.
16. GARMAN, M.B., "More on conditioned sampling in the simulation of stochastic networks", MANAGEMENT SCIENCE, Vol. 19, No. 1, Septiembre-1972, pp. 90-95.
17. GIFFLER, B., Thompson, G.L. y Van Ness, V., "Numerical experience with the linear and Monte Carlo algorithms for solving production scheduling problems", INDUSTRIAL SCHEDULING, Muth y Thompson editores, 1963, Prentice Hall.
18. GREENE, J.H., CONTROL DE LA PRODUCCION. SISTEMAS Y DECISIONES, Edit.DIANA.
19. GRUBBS, F.E., "Attempts to validate certain PERT statistics or "Pcking on PERT", OPERATIONS RESEARCH, Julio-1962, pp. 912-915.

20. HARTLEY, H.O., y Wortham, A.W., "A statistical theory for PERT critical path analysis", MANAGEMENT SCIENCE, Vol. 12, No. 10, Junio-1966, pp. B469-B481.
21. HOARE, H.R., PROJECT MANAGEMENT USING NETWORK ANALYSIS 1973, edit. Mc. Graw Hill.
22. INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO, "Marco Normativo del proyecto P.E.C.H.", INFORMACION CONFIDENCIAL.
23. KELLEY, J.E., "Critical path planning and scheduling mathematical basis", OPERATIONS RESEARCH, Vol. 9, No. 4, 1961, pp. 296-320.
24. KELLEY, J.E., "The critical path method: resources planning and scheduling", INDUSTRIAL SCHEDULING, Muth y Thompson editores, 1963, Prentice Hall.
25. LAMBOURN, S., "Resource allocation and multiproject scheduling (RAMPS) - a new tool in planning and control", THE COMPUTER JOURNAL, Vol. No. 4, Enero-1963, pp. 300-304.
26. LEVIN, R.I. y Kirkpatrick, C.A., PLANNING AND CONTROL WITH PERT/CPM, 1966, edit. Mc Graw Hill.
27. LEVY, F.K., Thompson, C.L. y Wiest, J.D., "Introduction to the critical path method", INDUSTRIAL SCHEDULING, Muth y Thompson editores, 1963, Prentice Hall.
28. LEVY, F.K., Thompson, G.L. y Wiest, J.D., "Mathematical basis of the Critical-path method", INDUSTRIAL SCHEDULING, Muth y Thompson editores, 1963, Prentice Hall.
29. MALCOM, D.G., Roseboom, J.H., Clark, C.E. y Fazar, W., "Applications of a technique for R and D program evaluation, (PERT)", OPERATIONS RESEARCH, Vol. 7, No. 5, Septiembre-Octubre-1959, pp. 646-669.

30. MARTINO, R.L., ADMINISTRACION Y CONTROL DE PROYECTOS, Vols. 1 a 3, Edit. Editora Técnica, S.A., 1965.
31. Mc GEE, A.A. y Markarian, M.D., "Optimum allocation of research/engineering manpower within a multiproject organizational structure", IEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT, Septiembre-1962, pp. 104-108.
32. Mc MILLAN, C. y González, R.F., ANALISIS DE SISTEMAS. MODELOS DE TOMA DE DECISIONES POR COMPUTADORA, edit. Trillas, 1981.
33. MODER, J.J. y Phillips, C.R. PROJECT MANAGEMENT WITH CPM AND PERT, 2a. ed., edit. Van Nostrand Reinhold Co., 1970.
34. MODER, J.J. y Rodgers, E.G., "Judgement estimates of the moments of PERT type distributions", MANAGEMENT SCIENCE, Vol. 15, No. 2, Octubre-1968, pp. B76-B83.
35. MOSHMAN, J., Johnson, J. y Larse, M., "RAMPS, a technique for resource allocation and multiproject scheduling", PROCEEDINGS, 1963, Spring Joint Computer Conference.
36. RIGGS, J.L. y Heath, C.D., REDUCCION DE COSTOS MEDIANTE LA PROGRAMACION POR EL CAMINO CRITICO, edit. Hispano Europea, 1970.
37. RODRIGUEZ CABALLERO, M., APLICACIONES EN INGENIERIA DE METODOS MODERNOS DE PLANEACION, PROGRAMACION Y CONTROL, edit. Wiley-Limusa, 1970.
38. SHAFFER, L.R., Ritter, J.B. y Meyer, W.L., THE CRITICAL PATH METHOD, edit. Mc Graw Hill, 1965.
39. STILLIAN, Gabriel N., et al, PERT: A NEW MANAGEMENT PLANNING AND CONTROL TECHNIQUE, edit. American Management Association, 1962.

40. TALBOT, F.B. y Patterson, J.H., "An efficient integer programming algorithm with network cuts for solving resource-constrained scheduling problems", MANAGEMENT SCIENCE, Vol. 24, No. 11, Julio-1978, pp. 1163-1174.
41. VAN SLYKE, R.M., "Monte Carlo methods and the PERT problem", OPERATIONS RESEARCH, Vol. 11, No. 5, Septiembre-octubre-1963, pp. 839-860.
42. WHITEHOUSE, G.E., "Project Management techniques", INDUSTRIAL ENGINEERING Marzo-1973, pp. 94-99.
43. WIEST, J.D., "A heuristic model for scheduling large project with limited resources", MANAGEMENT SCIENCE, Vol. 13, No. 6, Febrero-1967, pp.B359-B377.
44. WIEST, J.D. y Levy, F.K., A MANAGEMENT GUIDE TO PERT/CPM, edit. Prentice Hall, 1969.
45. YU CHUEN-TAO, LUIS, APLICACIONES PRACTICAS DEL CPM/PERT, edit. Deusto Ediciones, 1980.