



29
26

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO
DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA

T E S I S
Que para obtener el Título de
INGENIERO CIVIL
p r e s e n t a n



FRANCISCO BERNARDINO GARCIA
ROBERTO OSCAR GONZALEZ BELTRAN
JORGE HERNANDEZ BECERRA
FLORENCIO HERNANDEZ FUJIGAKI
JOSE ARTURO HERNANDEZ RAMIREZ

FALLA DE ORIGEN



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 está 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.

I N D I C E

			Págs.
Capítulo	I.	Introducción	2
Capítulo	II.	Generalidades del Proyecto	5
	II.1	Localización	5
	II.2	Datos de diseño.	11
	II.3	Alternativas de Proyecto	17
	II.4	Proyecto definitivo y proceso constructivo	23
Capítulo	III.	Método de Programación y Control	29
	III.	Planeación, programación y control de procesos constructivos	29
	III.2	Método de Gantt	35
	III.3	Método de la ruta crítica	41
	III.4	Método de compresión de redes.	60
Capítulo	IV.	Aplicación del Método de la Ruta Crítica	78
	IV.1	Descripción de las actividades del proyecto	79
	IV.2	Asignación de recursos y tiempo.	91
	IV.3	Matriz de secuencias y precedencias.	106
	IV.4	Diagrama de Flechas	111
	IV.5	Diagrama de Barras	113
Capítulo	V.	Optimización de Tiempos y Recursos	117
	V.1	Reprogramación total por limitantes de tiempo	117
	V.2	Reprogramación parcial por control de avance de obra	129

	V.3	Manejo de recursos a través del diagrama de barras	161
Capítulo	VI.	Comentarios y Conclusiones	167
		Bibliografía	

CAPITULO I. INTRODUCCION

I.- INTRODUCCION

El habernos decidido a desarrollar como Tema de Tesis, la PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA, radicó por un lado, al de tener la oportunidad de participar en una obra tan importante tanto por su impacto social, como por lo poco comun de esta, - ya que no se construyen este tipo de obras de manera frecuente y por otro lado, el de poder aplicar una herramienta tan eficaz como lo es el Método de la Ruta Crítica en los procesos constructivos. Además de que se contaba con la información amplia y adecuada de la localización, diseño estructural y arquitectónico de este proyecto.

Por lo anterior, y pensando en manejar de una manera adecuada la información, esta se estructuró de la siguiente forma:

En el capítulo II, para ubicar al lector en un marco de referencia que lo familiarice con la obra a analizar, se plantean como GENERALIDADES DEL PROYECTO la localización, los datos del -- proyecto y las diferentes alternativas de solución con el fin de escoger la más adecuada a las necesidades del proyecto y con esto definir el proceso constructivo más conveniente.

Ya que pensamos que es necesario contar con una teoría - lo más amplia y completa posible para aplicarse a la Programación y Control de nuestra obra, se citan y exponen en el capítulo III, con el nombre de METODO DE PROGRAMACION Y CONTROL, los diferentes métodos que por su sencillez y manejo se disponen actualmente, además de ser los que en la práctica más se utilizan ya sea por - obligación (obra pública) o por costumbre (obra privada).

En el IV capítulo se aplica la teoría del METODO DE LA RUTA CRITICA a nuestra obra, considerando las diferentes actividades que se deberán ejecutar en el Proceso Constructivo, y contemplando los recursos y tiempos agrupados de acuerdo al método, obteniéndose finalmente los diagramas de flechas y barras para su fácil interpretación.

En el V capítulo se aplica el METODO DE COMPRESION DE REDES, como un procedimiento para optimizar tiempos y recursos, analizando reprogramaciones en forma particular y detallada para obtener una mejor comprensión. Finalmente se incluye el manejo de recursos a través del diagrama de barras, con lo cual conocemos las necesidades económicas en cualquier fase del desarrollo del proyecto, analizando únicamente para nuestro caso el manejo de recursos económicos y el d. mano de obra.

CAPITULO 11. GENERALIDADES DEL PROYECTO

II.- GENERALIDADES DEL PROYECTO

Con la idea de ubicar geográficamente (a nivel regional y local) la obra en cuestión, en el presente capítulo se mencionará en forma general y breve los datos geográficos de la Ciudad de Toluca, en el Estado de México. También se expondrán -- los requisitos indispensables que ayudaron a elegir el lugar exacto en donde se construyó el Centro Cultural dentro del cual se encuentra ubicada nuestra obra.

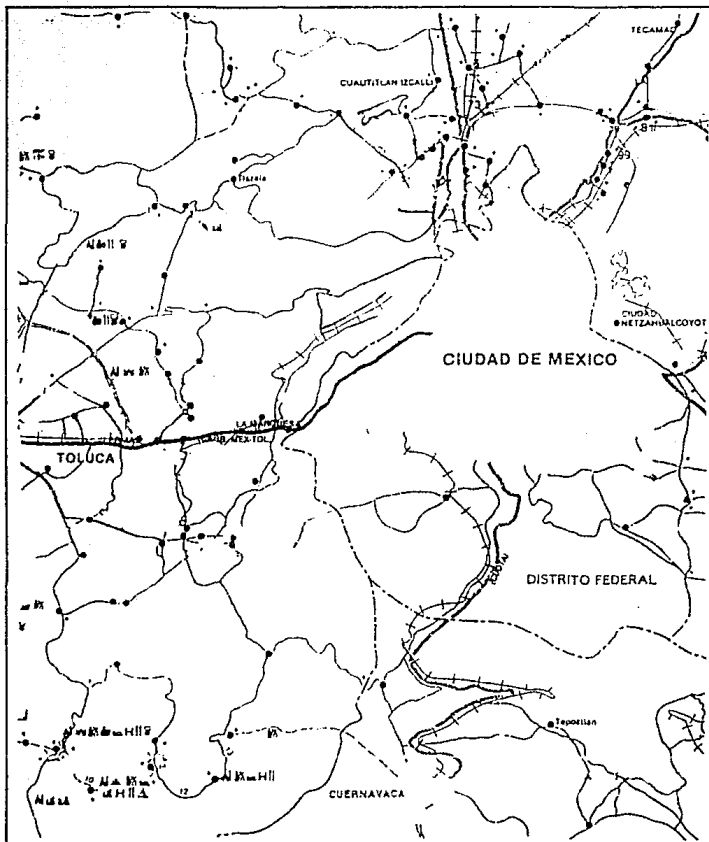
Se mencionarán las bases que sirvieron para determinar el proyecto definitivo del Museo, considerando los servicios y funciones básicas, así como los aspectos arqueológicos, antropológicos e históricos del Estado de México que se deben tomar en cuenta para desarrollar un proyecto de esta especialidad.

Finalmente como resultado de lo anterior, se resumen las áreas definitivas que nos servirán de base para la valuación del estudio que en este trabajo presentamos.

II.1 LOCALIZACION.

Por carretera a 63 km. de la Ciudad de México, se localiza la Ciudad de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México. Se encuentra enclavada en el municipio de Toluca, siendo éste su cabecera municipal, ubicándose a 19 grados de latitud Norte y a 99 grados de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich y a 2,600 m. sobre el nivel del mar. Ver figs. II.1 y II.2.

Los límites del municipio de Toluca son:

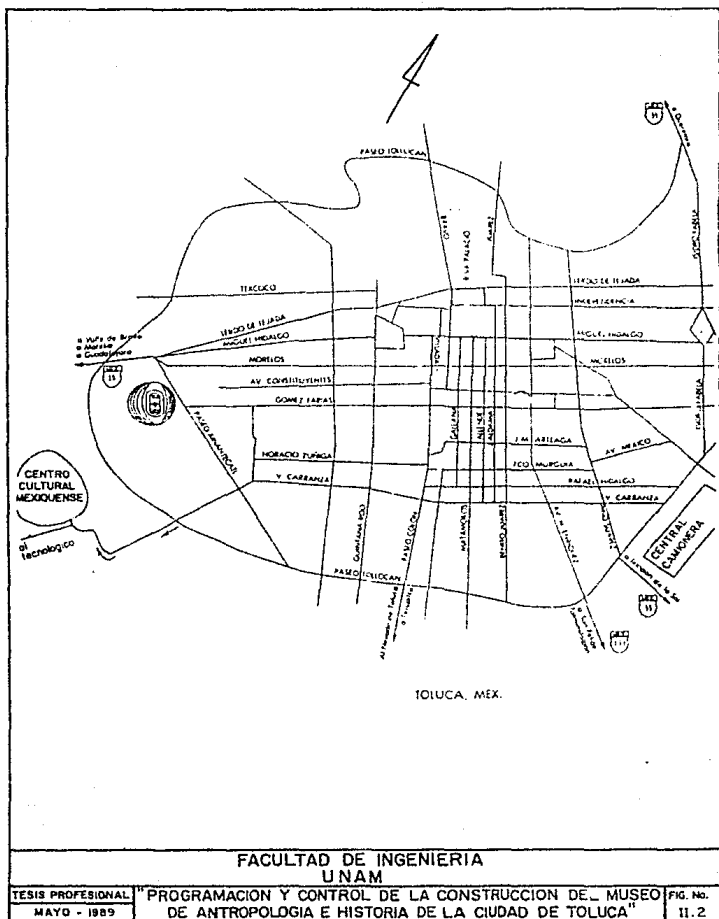


FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM

TESIS PROFESIONAL
MAYO - 1989

PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO
DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA

FIG. No.
II.1



Al Norte con los municipios de Temoaya y Otzolotepec; - al Sur con Calimaya, Metepec y San Mateo Atenco; al Este con Lerma y al Oeste con Almoloya de Juárez y Zinacantepec.

La orografía es variada siendo la parte Norte plana; en la parte Sur, esto es la que corresponde al Valle de Toluca, -- las diferencias de nivel aumentan presentándose vastos lomeríos; casi en la parte central, junto a la cabecera municipal, se alza un sistema de cerros, que se dirigen al Este-Oeste con ramificaciones en la dirección Sur-Norte; hacia el Suroeste se encuentra otra serie de lomeríos.

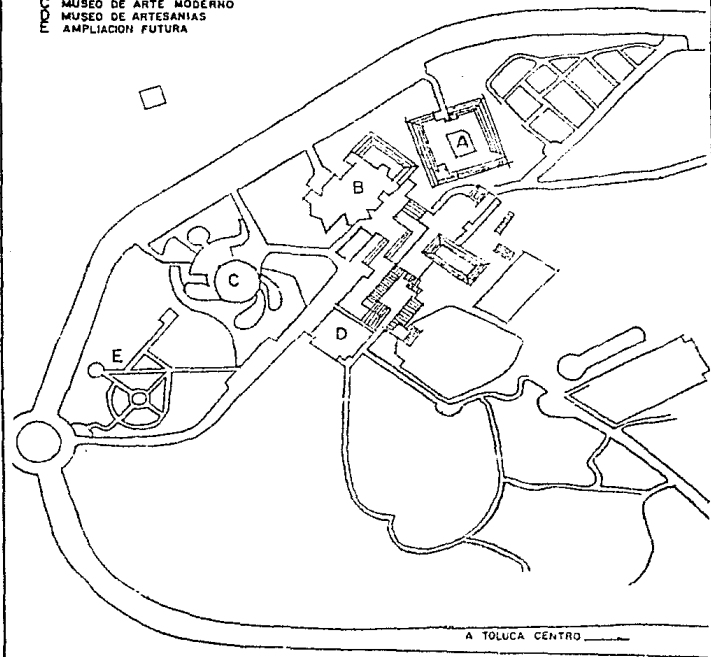
El sistema hidrológico del municipio es bastante pobre y se limita a los Ríos Lerma y Xicualtenco o Verdiguél, que crza la cabecera municipal de Poniente a Oriente y va a desembocar al Lerma. Existen pequeños arroyos que se forman en la temporada de lluvias, pero en general se carece de corrientes acuiferas y de manantiales de alguna importancia.

Toluca tiene fama de ser una Ciudad fría. Su clima es seco y frío, con una temporada de lluvias que va de fines de - abril a principios de octubre. El promedio de temperatura máxi ma es de 18 grados centígrados y la mínima de 1.7

La Ciudad de Toluca está dividida en 73 sectores, los - cuales se tenía la costumbre de llamarlos barrios, pero a la fe cha han perdido ésta denominación antigua por el incremento que han sufrido las zonas habitacionales.

Hacia el Suroeste de la Ciudad de Toluca se encuentra localizado el Centro Cultural Mexiquense (Fig. II.3), dentro de una zona denominada "Rancho la Pila", junto al pueblo de San Buena Ventura, la cual ha sido destinada de acuerdo al plan municipal de desarrollo urbano, para su uso recreativo, educativo y

- A MUSEO DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA
- B BIBLIOTECA
- C MUSEO DE ARTE MODERNO
- D MUSEO DE ARTESANIAS
- E AMPLIACION FUTURA



CENTRO CULTURAL MEXIQUENSE

FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM

TESIS PROFESIONAL MAYO - 1989	"PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA"	FIG. No. II. 3
----------------------------------	---	-------------------

cultural, justificada por las siguientes ventajas:

- a) No existen espacios con uso habitacional y comercial, por lo que no hay problemas de tránsito vehicular.
- b) Tiene la estructura necesaria para proporcionar los servicios requeridos para el proyecto.
- c) Está a la distancia suficiente para evitar contaminación y ruidos excesivos.

En el "Rancho La Pila", se dispone de una superficie de 150 Has., destinadas para los siguientes proyectos:

- a) Edificio de la Orquesta Sinfónica del Estado.
- b) Biblioteca Estatal.
- c) Casa de la Cultura.
- d) Museos.
- e) Centro de Convenciones.
- f) Escuela Estatal del Deporte.
- g) Albergue para Estudiantes.

Actualmente se encuentran contruidos en esa zona además del Museo de Antropología e Historia, el Museo de Arte Moderno, el Museo de Artesanías y la Biblioteca Estatal. También se han ejecutado las obras de urbanización necesarias así como una plaza central.

II.2 DATOS DE DISEÑO.

Para determinar el dimensionamiento del proyecto no existe reglamentación alguna, puesto que la capacidad de todo museo varía teniendo como base la cantidad de objetos y elementos a exhibir.

Para el caso del Museo de Antropología e Historia de la Ciudad de Toluca, se tomaron en cuenta los aspectos arqueológicos, antropológicos e históricos del Estado, así como los servicios y funciones básicas que debe reunir un museo, los cuales en forma general se dividen en dos grupos:

- a) Servicios al público.
- b) Servicios de operación interna.

Las funciones del servicio al público que se tomaron en cuenta son:

- Exhibición y exposiciones permanentes y temporales.
- Audición, conferencias y proyecciones.
- Información sobre el museo y su funcionamiento.
- Visitas guiadas, ya sean individuales o colectivas.
- Venta de publicaciones y reproducciones.
- Programa y difusión.
- Biblioteca.
- Servicio de primeros auxilios.
- Áreas de descanso, fumadores y servicios sanitarios.
- Cafetería.
- Estacionamiento.

Las funciones de los servicios de operación interna que se tomaron en cuenta son:

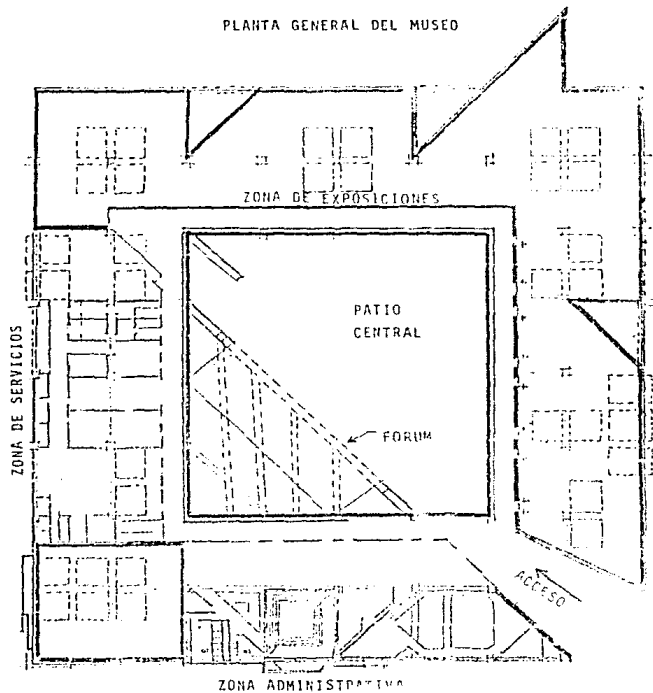
- Administración y contabilidad.
- Registro y catálogo de material.
- Restauración, estudio y almacenamiento.
- Montaje museográficos.
- Mantenimiento de las exposiciones.
- Vigilancia y protección.
- Talleres.
- Servicios al personal.

Por lo que después de haberse realizado todos estos estudios y haber tomado en cuenta los aspectos mencionados se llegó al proyecto arquitectónico definitivo, del cual solo se presentan la planta general (Fig. II.4) y las fachadas (Figs. II.5 y II.6), así como las áreas correspondientes a todos los servicios, las cuales quedaron así:

- Área de Exposición	2,850 m ²
- Área de Servicios	1,300 m ²
- Auditorio	200 m ²
- Patio Central	1,600 m ²
- Circulaciones	950 m ²

Lo que hace un total de 6,900 m² de superficie.

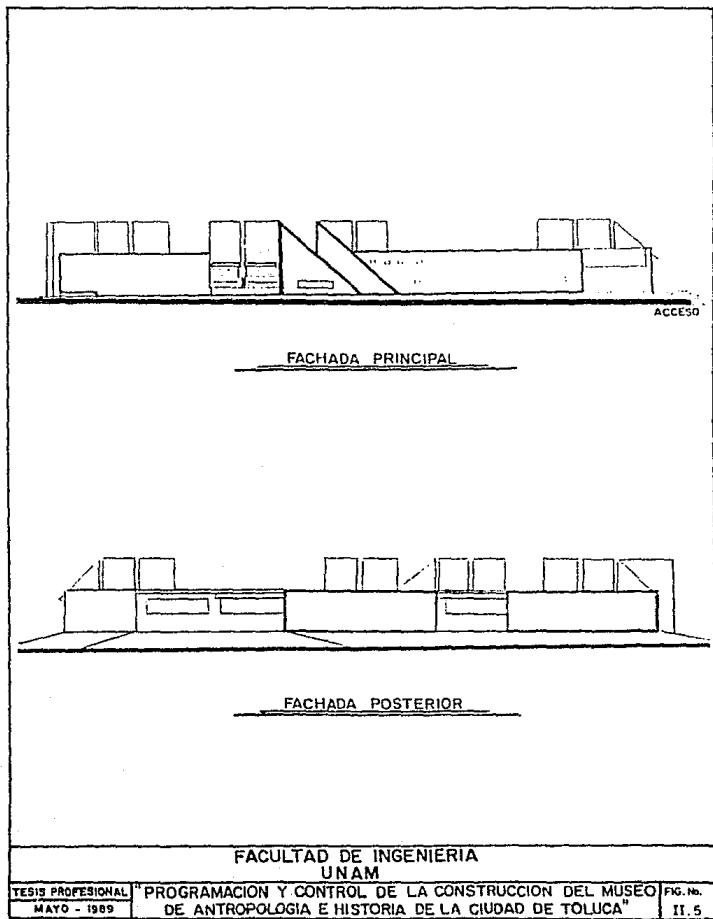
PLANTA GENERAL DEL MUSEO

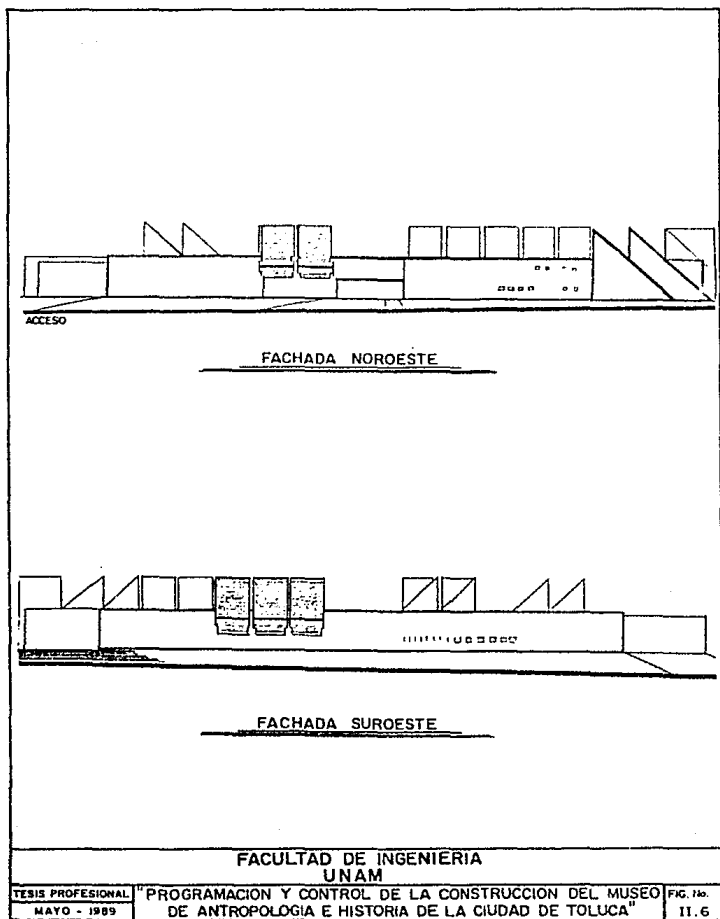


FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM

TESIS PROFESIONAL: "PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO
MAYO - 1985 DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA"

FIG. No.
11.4





En lo referente al diseño de la forma y apariencia del edificio, se rigió por el de la Biblioteca Estatal, ya que ésta última está junto al Museo de Antropología y fué construida con anterioridad.

II.3 ALTERNATIVAS DEL PROYECTO.

La evaluación de las alternativas propuestas como soluciones, se efectúa al mismo tiempo que el proyecto preliminar. Algunas alternativas se desechan simplemente porque parecen muy desfavorables en comparación con otras. Sin embargo, en muchos casos, se encuentran una serie de alternativas con cualidades muy semejantes; entonces se hace necesario determinar las ventajas de cada una de ellas en relación a otras cualidades que debe tener el proyecto, comparar los problemas de construcción, encaminar en forma crítica su eficiencia estructural general y considerar los aspectos económicos y estéticos de cada alternativa.

Por lo común es necesario hacer estimados de costos para diversos arreglos estructurales preliminares que algunas veces se pueden hacer mientras el arreglo funcional se está desarrollando. La solución de los materiales estructurales puede hacerse en la disponibilidad de ciertos materiales y de la correspondiente mano de obra. La obtención exitosa de un arreglo estructural eficiente depende en mucho de lo familiarizado que estén los ingenieros con los múltiples tipos de soluciones estructurales.

A continuación se mencionan las generalidades de las distintas soluciones estructurales propuestas para el proyecto que nos ocupa.

II.3.1 Estructuras de Concreto colado en el lugar.

El concreto colado en sitio es desde el punto de vista del proyecto arquitectónico un material que debido a su manejabilidad se adapta a cualquier forma y además estructuralmente cumple con las normas que para este fin rigen para cumplir con la seguridad que se exige.

Existe la opción de fabricar el concreto en el sitio o bien premezclado el cual se elabora en planta, según las necesidades y según los recursos de que se dispongan en la obra, siendo necesario para ambos tipos de concreto el tener un riguroso control de calidad.

Cuando se construye con concreto colado en el sitio se requiere de un mayor número de personal ya que es necesario habilitar el acero de refuerzo así como la colocación de una cimbra adecuada siendo también necesaria una estrecha supervisión. También es necesario que el vaciado y vibrado del concreto se ejecuten de una manera adecuada para evitar la segregación u oquedades en el mismo, así como una baja resistencia debida a un curado defectuoso.

Existe la posibilidad de que por problemas de tiempo por retraso en las obras o simplemente por premura en la ejecución de las mismas se recurra al empleo de cemento de resistencia rápida logrando abatir los tiempos hasta en un 75% ya que en lugar de esperar 28 días que es el tiempo en el cual alcanza un concreto normal su resistencia, ésta se logra en sólo 7 días, además aunado a la posibilidad de usar aditivos.

Desde el punto de vista económico, el concreto colado en sitio resulta adecuado para aquellas obras en que los tiempos de ejecución no representan ningún problema siendo un método de construcción muy común y adaptable a un gran número de necesidades arquitectónicas y estructurales.

II.3.2 Estructuras en presforzados.

El concepto del concreto precomprimido data del año 1868 año en que el francés Monnier y el alemán Bohering supusieron -- por primera vez la idea de la precompresión. Sin embargo no fue

sino hasta 1928 cuando el ingeniero Freissinet logró gracias a exhaustivas investigaciones, sentar los principios que condujeron a normas exactas de fabricación y control efectivo de éste material.

Aunque el concepto ya es antiguo, no por eso el sistema deja de ser novedoso, económico y funcional, pudiéndose cubrir las necesidades arquitectónicas.

Con la aplicación correcta de las Normas, se logran obtener en gran escala elementos de muy alta calidad 100% seguros desde el punto de vista estructural y aplicable a todo tipo de construcción, permitiendo al constructor solucionar cómodamente los problemas de edificación que se presentan en cada caso.

También una correcta programación en la fabricación en planta, se logra un gran ahorro en tiempo de ejecución en obra ya que el montaje es muy rápido siendo las conexiones de fácil ejecución.

Por otro lado es necesaria una estrecha supervisión en el montaje para lograr que las conexiones se realicen de acuerdo al proyecto estructural y lograr el comportamiento satisfactorio.

Debido al ahorro en tiempo, en sí el procedimiento es muy económico pero no hay que descuidar los incrementos del costo -- por concepto de fletes ya que generalmente los elementos son de grandes claros y son difíciles de transportar.

II.3.3 Estructuras en acero.

Desde el punto de vista estructural el diseño en este material es muy versátil pudiéndose atender las demandas del proyecto arquitectónico siendo el comportamiento bastante satisfac-

torio, teniendo además diferentes opciones en lo que se refiere a la geometría como puede ser: armaduras, marcos rígidos, estructura tridimensional, etc.

El acero ha sido uno de los materiales de construcción que más ha evolucionado en los últimos años, además que como material de construcción elimina toda intervención que no sea altamente técnica ya que el acero estructural es rigurosamente controlado en calidad.

En cuanto al proceso constructivo debe existir una estricta supervisión ya que la mano de obra debe ser altamente calificada para lograr la calidad que para estas estructuras marcan las normas de construcción en acero, esto tanto en la fabricación en el taller como en los trabajos desarrollados en campo, especialmente en el montaje.

En la fabricación de una estructura de acero, se pueden lograr considerables ahorros en tiempo de ejecución ya que puede iniciarse desde el momento en que se decide construir, y tenerla adelantada para cuando se termine la cimentación ó estructura -- donde se vaya a apoyar, teniéndose con esto un ahorro considerable en tiempo.

Dependiendo de los claros, la estructura puede ser baja o alta en peso propio, lo que redundará en costo de la misma, por lo que es muy importante atender este punto ya que en ocasiones resultan más competitivas otras soluciones, que no requieren mantenimiento.

II.3.4 Análisis de alternativas.

Conociendo cada una de las características, ventajas y desventajas de las distintas alternativas, y por otro lado aten-

diendo a la demanda que se hiciera según las necesidades políticas del Estado, debido al próximo cierre del ejercicio gubernamental, es necesario que el Museo se construya con la combinación de las diferentes alternativas ya mencionadas en párrafos anteriores, con el único fin de abatir los tiempos de ejecución de la obra.

Una vez decidido lo anterior y de acuerdo al proyecto arquitectónico, se estudió la manera de aprovechar al máximo el tiempo para la ejecución de los trabajos sin descuidar la eficiencia estructural de cada solución.

En el cálculo estructural, después de haberse elaborado un estudio de mecánica de suelos, se optó por dar una solución en cimentación del tipo superficial, haciéndose un diseño a base de zapatas aisladas con trabes de liga y zapatas corridas en zonas de muros. La estructura se solucionó a base de columnas y --trabes de concreto coladas en el lugar, y para la cubierta, se solucionó con sistemas presforzados con trabes-losas de forma en T. Para las partes de fachada de pórticos, así como el faldón en la zona del foro, se pensó en armaduras de acero para salvar los claros y dar la apariencia arquitectónica esperada.

Con el tipo de cimentación propuesta se logra un considerable ahorro de tiempo en ejecución de obra, ya que el procedimiento para éste no requiere ningún tipo de procedimiento constructivo especial como pudo haber sido con cimentación de pilotes, de compensación, etc., cuyos tiempos de ejecución son más prolongados, además de que no es necesario. Así con la solución dada es fácil ejecutarla con varios frentes de trabajo sin necesidad de más equipo especial que el humano.

En cuanto a la estructura, al emplearse sistemas presforzados se logró satisfacer las demandas arquitectónicas para este tipo de instalaciones, ya que los claros libres son relativamente grandes. Además si se contratan los elementos presforzados en buen tiempo, no se tendrán demoras en las entregas con lo que el montaje será muy rápido, para ésto es necesario diseñar una estructura colada en el sitio a base de columnas y travesaños para recibir las trabe-losas, con esto se logrará abatir los tiempos en obra al hacer coincidir las entregas de los elementos presforzados con la resistencia adecuada para recibirlos de las columnas y travesaños.

Por otro lado al solucionarse los faldones en la zona del foro y los pórticos de acceso con acero estructural a base de armaduras o marcos, se ahorrará tiempo ya que al mandarse fabricar con buena anticipación, el tiempo de ejecución en obra se reduce ya que solo se tiene que hacer el montaje habiéndose dejado las preparaciones necesarias.

En sí el proyecto que nos ocupa presenta diferentes alternativas de solución estructural y por lo tanto de construcción, pero combinándolas adecuadamente, se puede lograr un gran ahorro en tiempo y por lo tanto en economía, si esta la evaluamos como tiempo. Además desde el punto de vista de seguridad estructural las diferentes soluciones empleadas cumplen con las normas que las rigen para estos fines, siempre y cuando en la obra exista una mano de obra calificada y por ende una adecuada supervisión.

II.4 PROYECTO DEFINITIVO Y SU PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

En base a las alternativas de proyecto estudiadas y evaluando cuales son las más favorables para ejecutar nuestra obra, tanto en lo que respecta al desarrollo del proyecto en sí como a los recursos disponibles y el tiempo de ejecución necesario, se obtiene un proyecto definitivo. A este se le asignará un procedimiento constructivo que contemple los recursos y actividades mediante las cuales se regirá la construcción de la obra.

Por lo tanto a continuación se irá describiendo el procedimiento constructivo.

El terreno en donde se eligió construir la obra tiene una topografía casi plana con 1.80 de desnivel y en donde anteriormente se sembraba maíz. Por esto lo primero que se deberá hacer es proceder a la limpieza y retiro de la capa vegetal que es de casi 40 cm.; abrir sangrías en varias partes del terreno para efecto de dar salida al agua, que por estar en plena temporada de lluvias, se debe encontrar estancada.

Se deberán hacer caminos de acceso con mejoramientos alrededor del área por construir, así como transversalmente para permitir el acceso fácil a los equipos que se emplearán, tales como camiones de volteo para acarreo, ollas revolvedoras, bombas para concreto, etc. Paralelamente a esto, se colocarán postes metálicos en los lugares adecuados para tender el cableado y colocar unas lámparas de alto poder, para contar con un nivel de iluminación lo suficientemente adecuado para trabajar un segundo y hasta un tercer turno si es necesario.

Se tenderán las alimentaciones eléctricas tanto para el alumbrado provisional como para suministrar corriente eléctrica a los equipos menores tales como: bombas de agua, vibradores, taladros, pulidoras, etc., que se necesitarán posteriormente.

Ya con los accesos listos se iniciarán las excavaciones para alojar las cimentaciones de concreto armado. Se excavará con equipo hasta 20 cm, antes del desplante con el fin de afinar manualmente lo restante. Llegando a la cota mencionada se colará una plantilla de concreto pobre con la pendiente adecuada para enviar tanto el agua de lluvia como la del nivel freático existente hacia un cárcamo de 40 x 40 x 20 cm. en donde se alojará una bomba de agua para efectuar el achique.

Posteriormente se armarán los diferentes elementos de la cimentación, procediendo a cimbrar colocando las formas de madera necesarias para dar las dimensiones de proyecto.

Teniendo esto se revisarán los planos de instalaciones - para precisar en qué lugares se necesitará dejar pasos; por los cuales atravesarán ductos de las diferentes instalaciones hidráulica, sanitaria, eléctrica etc., para de esta manera preverlos y no tener que hacer ranurados y demoliciones innecesarias posteriormente.

Ya con la cimbra colocada, se ejecutarán los colados empleando concreto premezclado, acarreándolo y colocándolo, si es necesario con el uso del bombeo.

Cuando una zona determinada de la cimentación este concluida se procederá de inmediato a rellenar con material de banco. Este último se extraerá del banco de material denominado "El murciélagu". Este se encuentra localizado por carretera a 12 km. de la obra. Se cargará el material en forma mecánica a camiones y se acarreará hasta el lugar indicado. Debido al espesor del relleno marcado en planos es necesario usar equipo mayor para tender y compactar hasta llegar a los niveles de proyecto.

Al mismo tiempo que el relleno se irán armando, cimbrando y colando las columnas, las que por su forma especial, se -- cimbrarán con cimbra de contacto metálica para lograr la apariencia deseada.

Después de las columnas y sobre el relleno terminado, se colocará la obra falsa que soportará la cimbra tanto del fondo como de los costados de las trabes portantes para armarlas y colarlas.

De acuerdo al programa de obra será necesario usar el sistema de "curado a vapor" de las trabes portantes, el cual -- aportará dos ventajas: la primera por sus características principales acelera el fraguado del concreto y con esto su resistencia y con ello acorta el tiempo necesario de espera para iniciar el montaje de las trabes-losas presforzadas. La segunda consiste en proteger al concreto de las bajas temperaturas que para las fechas de construcción se esperan en Toluca, eliminando por completo el posible congelamiento del agua del concreto.

Obtenida la resistencia especificada se iniciará el montaje de la cubierta a base de piezas presforzadas y de las estructuras metálicas.

Ya con la cubierta terminada quedará lista el área de exhibiciones en donde inmediatamente se colarán los firmes armados de planta baja; previamente se harán las excavaciones, tendidos de drenaje y rellenos, y alojadas las instalaciones eléctricas e hidráulicas respectivas.

Las áreas de servicios y administrativas estarán para este momento en la etapa de albañilería gruesa, esto es muros de tabique, cadenas y castillos de concreto armado, firmes de concreto e instalaciones hidráulicas, sanitarias y eléctricas.

Después de soldar los conectores sísmicos de las trabelosas precoladas ya montadas, se procederá a efectuar el relleno entortado e impermeabilización de las azoteas, así como a la terminación de las bajadas pluviales; colocando finalmente las coladeras de cúpula. También se iniciarán la cimbra armada y colado de los tímpanos de azotea que sirven para iluminar las salas de exhibición. Estos tímpanos se cubrirán por una de sus caras con losas prefabricadas fijadas mediante soldadura a las estructuras de concreto. Después se impermeabilizarán y se colocará teja roja. En la otra cara se pondrá la cancelería de aluminio e inmediatamente el vidrio y se hará el sello.

Ya con la azotea terminada y los firmes de planta baja colados, queda pendiente la construcción de los muros de fachada para tener las áreas interiores delimitadas y protegidas.

De acuerdo al proyecto original, los muros deberán ser -precolados para dar un acabado aparente y marcar ciertas entrecalles horizontales en la fachada que resultarán de las juntas de los mismos. Para usar precolados es necesario tener totalmente terminada la estructura de concreto, a la cual se fijará -posteriormente.

Como esto no será posible debido al programa ajustado de obra, se tendrán que armar, cimbrar y colar en el sitio. Para esto se incrementarán los recursos humanos y se empleará el material para fabricar los moldes que al ser usados en el contacto, aseguren el acabado o textura de la superficie de concreto especificada.

Con esta última actividad quedará terminada la estructura y la albañilería gruesa. Se hará una limpieza general y se procederá a la colocación de los diferentes recubrimientos.

La disyuntiva entre qué se coloca primero, el plafón, los pisos o se aplica el terminado en los muros, se resolverá aprovechando la forma del edificio el cual permitirá hacer un escalonamiento, defasando las actividades mencionadas para no interferir unas con otras.

Posteriormente a los acabados, se colocará al aluminio la herrería, el vidrio, se aplicará la pintura y finalmente se colocarán muebles de baño, puertas de madera y la cancelería interior.

Tanto para la actividad de acabados como para las últimas mencionadas se asegurará el cumplimiento del programa, empleando la cantidad de personal óptimo en los turnos de trabajo necesarios. En lo referente al suministro de materiales se asegurará, fincando los pedidos oportunamente a los proveedores y de algún modo asegurando la fecha de entrega. Para los casos en que no se pueda cumplir el tiempo de entrega de algún material se solicitará oportunamente el cambio de especificación pudiéndose obtener en la mayoría de los casos siempre y cuando no se afecte el proyecto sustancialmente.

Para este tiempo ya deberán estar casi terminadas las áreas de exhibición, servicios y administración. En cambio el patio central y las obras exteriores que se usaron para almacén de materiales, campamentos de personal y maniobras de grúas, estarán retrasadas. Esto se solucionará incrementando personal, turnos y recursos materiales hasta lo posible, para lograr cumplir con el programa señalado para estas zonas.

Ya para terminar se realizará la limpieza de los diferentes acabados y se probarán las instalaciones de acuerdo a las -- normas establecidas para tal efecto; en particular las de iluminación y seguridad.

CAPITULO III. METODO DE PROGRAMACION Y CONTROL

III.- METODO DE PROGRAMACION Y CONTROL

A continuación se presentará un resumen general del método que tradicionalmente se utiliza en el país (básicamente como requisito en cualquier concurso de Obra Pública) para planeación, programación y control de procesos constructivos, señalando sus ventajas y alcances así como indicando sus posibles limitaciones.

Como sabemos, el Método de la Ruta Crítica es una técnica nueva y eficaz en la planeación y administración de todo tipo de proyectos; en esencia es la representación del plan de un proyecto en un diagrama o red, que describe la secuencia e interrelación de todas las componentes del proyecto, así como el análisis lógico y la manipulación de esta red, para la completa determinación del mejor programa de operación. Es un método que se adapta admirablemente a la Industria de la Construcción, pues brinda un enfoque mucho más útil y preciso que las gráficas de barras convencionales, anteriormente empleadas como bases de las planeaciones y control de la construcción y que ahora se utiliza como complemento del Método de la Ruta Crítica, motivo por el cual comenzaremos con comentar su origen y usos detalladamente.

III.1 PLANEACION, PROGRAMACION Y CONTROL DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS.

Toda obra es motivada por una necesidad humana, ya sea estética, de abrigo, de alimento o de supervivencia, más no toda necesidad requiere para ser satisfecha de la construcción de una obra. Cuando después de analizada esa necesidad, se concluye que esta se cubre con la construcción de una obra civil, podemos decir que un proceso ingenieril se inicia.

En términos generales un proceso ingenieril consta de -- las siguientes etapas:

1.- Planeación.- En esta etapa se comprenden una serie de actividades socio-económicas, políticas y técnicas, que se inician, cuando se ha identificado la necesidad constructiva y terminan cuando se toma la decisión de hacer la obra.

2.- Diseño.- Será el representar en documentos, llamados planos y especificaciones, la obra que satisfaga la necesidad.

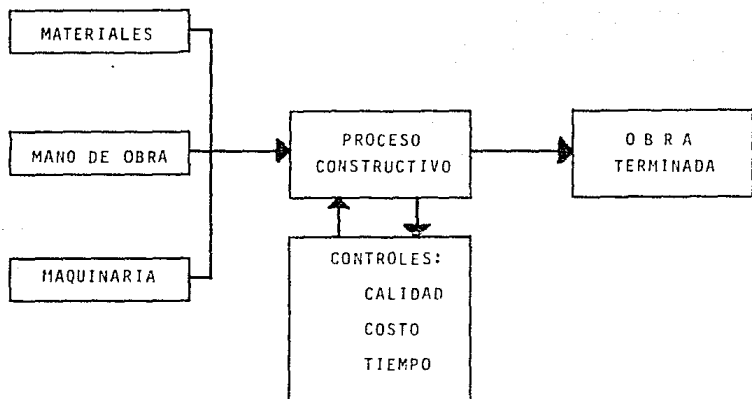
3.- Construcción.- Corresponde a ésta etapa dar forma física y material a lo que fue plasmado en planos y especificaciones que produjo la etapa de diseño.

4.- Funcionamiento.- Se refiere a los gastos de operación y mantenimiento desde el momento en que la obra es puesta en servicio hasta que es abandonada o substituída por otra.

De lo anterior, podemos darnos cuenta de la importancia de cada etapa y del proceso ingenieril en sí y que estos pueden y deben ser motivo de programación y control. En este caso se analizará exclusivamente la conveniencia de aplicarlos al proceso -- constructivo.

III.1.1 Definición de proceso constructivo.

Definimos como proceso constructivo, al conjunto de actividades orientadas a utilizar los recursos con que contamos, como son los materiales naturales y artificiales, la mano de obra y el equipo, aplicándole las técnicas y procedimientos adecuados para realizar una obra que permita satisfacer necesidades.



III.1.2 Planeación de procesos constructivos.

Antes de empezar una construcción necesitamos seleccionar un método y orden dentro de todas las posibilidades y secuencias en que podría efectuarse un proyecto, señalando su forma de realización. La secuencia de los pasos requeridos para lograr el resultado óptimo, es propiamente el plan de acción o planeación de la obra y puede representarse esquemáticamente en un diagrama de flechas o red de actividades.

Para planear una obra debemos considerar 3 principios: Precisión, Flexibilidad y Unificación de criterios.

Precisión, por que un plan no se realiza sobre afirmaciones vagas y genéricas; Flexibilidad, que permita pequeñas adaptaciones que no hayan sido previstas al inicio de la obra y Unificación de criterios, ya que se tendrán anexos que en un momento pueden contradecirse, por ejemplo cuando se requiere terminar una actividad con un proceso constructivo antieconómico, pero adecuado al rendimiento necesario para la terminación de la misma.

III.1.3 Programación de procesos constructivos.

Programar es expresar dentro de qué límites de tiempo - debe ejecutarse algo y es la determinación de los tiempos de realización de las distintas actividades que forman el proyecto y la coordinación en conjunto de estas a fin de poder calcular entre otros, la duración total.

La programación es la siguiente etapa a la representación del proyecto en un diagrama.

En el ramo de la construcción, entendemos por programar, el establecer con anticipación, cómo y en qué tiempo se ejecutará una obra, es formular un plan de acción práctico para realizar la obra y la de señalar los elementos necesarios y el tiempo que se tardará en lograrlo. Es elemental, comprender que el programa es prioritario en un proceso constructivo y que sin haberlo hecho antes, cualquier otra actividad carecerá de bases firmes.

Toda programación se expresa en documentos llamados programas de obra que son formulados con un objeto definido. En un programa se expresa en cuanto o durante cuanto tiempo se hará o se ocupará algo, una de las coordenadas a graficar es el tiempo y la otra, lo que se desea controlar.

Como podemos ver de lo anterior, la primer variable de programación es el tiempo, después se programan los recursos aplicables; personal, materiales y maquinaria, erogaciones, ingresos, etc.; es pues la programación, el elemento que nos ayudará a lograr la obra deseada en el tiempo deseado a un costo óptimo.

III.1.4 Control de procesos constructivos.

Entendemos como control, la vigilancia, inspección y -- aplicación de medidas para la conservación o reducción de los procesos constructivos que nos llevan a la obra que satisface la necesidad deseada.

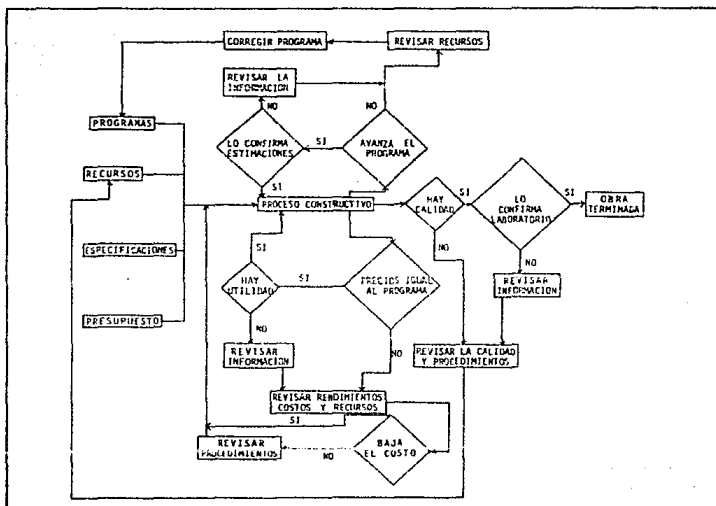
El control cubre 3 etapas: Establecer lo que se piensa hacer, registrar el desarrollo y establecer medidas correctivas, en función de la comparación de las 2 primeras etapas.

Dentro de las formas de control, podemos mencionar que - el programa de construcción, que se formula para control y que usualmente relaciona tiempo y elementos de la obra, perfectamente diferenciados, es lo básico, del que pueden derivarse otros; de tiempo -tipo de recursos, que son vitales, por ejemplo:

- Tiempo - Personal
- Tiempo - Materiales
- Tiempo - Maquinaria
- Tiempo - Erogaciones
- Tiempo - Ingresos, etc.

Debemos controlar los programas de tal manera que redun-den en el beneficio económico de la construcción.

Englobando las ideas anteriores, podemos concluir que es necesaria la integración dinámica y óptima de las funciones de planeación, programación y control en el proceso constructivo, a fin de alcanzar de la manera más económica y en el menor tiempo posible, la realización de la obra, y resumir a través del siguiente diagrama de información:



III.2 METODO DE GANTT.

La necesidad de un programa de actividades para la ejecución de un proceso determinado así como su control, dio origen a métodos como el de GANTT también conocido como Diagrama de Barras, dicho método ha sido una herramienta muy útil desde el año de 1915 en que tuvo su origen.

El método de GANTT es un método gráfico que representa una serie de actividades que se ejecutan en forma ordenada a través del tiempo para lograr un objetivo, en el que se puede apreciar tanto el inicio y terminación de cada actividad, como la duración de las mismas.

El método de GANTT se puede resumir en los siguientes pasos:

Primero.- Se determinan las actividades.

Segundo.- Se estiman duraciones.

Tercero.- Se ordenan cronológicamente.

Para el primer paso, se deben considerar todas las actividades de un proceso sin omisiones.

Para el segundo paso, las duraciones se deben estimar tomando en cuenta los recursos disponibles así como las restricciones que puedan existir.

Para el tercer paso, se debe seguir una secuencia lógica de actividades de acuerdo a la experiencia. A continuación se presenta como ejemplo el Diagrama de GANTT de un proceso constructivo, en el cual se puede observar una secuencia de actividades.

En el siguiente ejemplo se puede apreciar que los intervalos de tiempo escogidos son meses, pero éstos pueden ser días, semanas, etc.; según sea el caso y que tan al detalle se programen y se quieran controlar las diferentes actividades.

CONCEPTO	1987	1988		
	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO
Preliminares	█			
Cimentación	█			
Estructura		█		
Albañilería		█	█	
Instalaciones	█	█		
Acabados		█	█	
Azoteas			█	
A. Exterior				█

III.2.1 Control del proceso constructivo.

El control del proceso no es más que la comparación de lo programado con lo ejecutado en la realidad a fechas determinadas y hacer una evaluación de las desviaciones para poder apgarse lo más posible al programa. Existen cuatro casos que se presentan generalmente en la ejecución de un proceso, en sus diferentes actividades, en lo que respecta al Diagrama de GANTT.

Primer caso:

Cuando se está dentro del programa.

Segundo caso:

Cuando se termina una actividad después de lo programado sin afectar ninguna otra actividad (tiempo de holgura sin interferencia).

Tercer caso:

Cuando se termina una actividad después de lo programado afectando otras actividades (tiempo de holgura con interferencia).

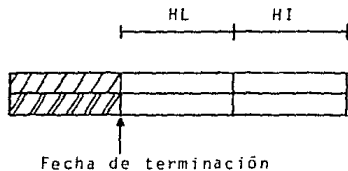
Cuarto caso:

Cuando se rebasa la fecha de terminación de la obra.

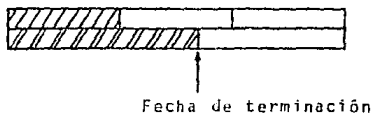
En este último caso habrá que reprogramar si se desea terminar en la fecha que se pretende, teniéndose para esto que tomar en cuenta los problemas específicos de cada actividad.

A continuación se presentan de una manera gráfica los cuatro casos anteriores:

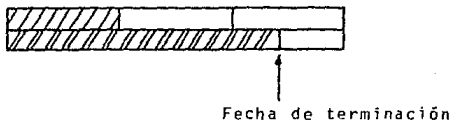
Primer caso:



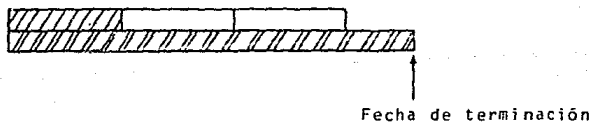
Segundo caso:



Tercer caso:



Cuarto caso:



III.2.2 Ventajas y desventajas del método.

Dentro de las ventajas del método podemos mencionar su sencillez en el manejo y su fácil interpretación inclusive por personas sin conocimientos técnicos.

No obstante, considerándolo como método de planeación, programación y control presenta algunas deficiencias, como la dificultad de representar la secuencia de ejecución de un gran número de eventos o actividades menores, aparte de las actividades más importantes, las cuales se dejan a juicio de la supervisión o encargados de la realización de las mismas.

Por lo anterior, se requiere de una continua supervisión para tener un control adecuado.

También es difícil decidir y definir las actividades críticas que controlan la duración del proyecto; es decir, aparentemente todas las actividades son de igual importancia.

Esta situación provoca que cuando alguna de las actividades incluida en el programa se retrasen un cierto tiempo, se tengan solamente estas alternativas de solución posibles:

- Retrasar la terminación del proyecto el tiempo que retrase la actividad.
- Acelerar todas las actividades para tratar de compensar el retraso de la actividad y cumplir con el programa original establecido.

Este último criterio se emplea también cuando por alguna causa es necesario acelerar la terminación del proyecto.

Por la forma tan general en que se desglosan las actividades, no es posible asegurar la fecha de terminación de cada una de ellas, sobre todo en eventos donde las condiciones meteorológicas, físicas, humanas, etc., son de igual importancia, -- corriendo el riesgo de perder pasos importantes en la realización de dichas actividades.

También por la misma generalidad, no es posible prevenir las demandas de recursos, tanto materiales, humanos, equipo, capital, etc., requeridos para realizarlo.

Esta situación provoca que frecuentemente el proyecto se retrase por no contar con estos recursos en el momento que se requieren. Asimismo, la distribución se torna irregular, contándose con ellos cuando no se necesitan y faltando dichos recursos cuando se requieren, provocando con ésto falta de material almacenado en el momento que se necesite, equipo desocupado, necesidad de despedir personal que tal vez se requiera posteriormente; necesidad de espacios mayores de almacenamiento por contar con demasiado material en épocas no necesarias, etc., incrementando evidentemente el costo de ejecución del proyecto y retrasando el mismo.

No todas son desventajas, también el método de GANTT o Diagrama de Barras tiene ventajas como presentación de un programa, siendo sin duda una herramienta muy útil, siempre y cuando dicho método o Diagrama sea ocupado para conceptos específicos, pudiendo ser estos exclusivamente: Análisis Económico, Mano de Obra, etc., y cuando se trata de un proyecto simple.

Para finalizar diremos que el método de GANTT o Diagrama de Barras es un método bastante cualitativo, pero que si se complementa con métodos más racionales como son Ruta Crítica o Pert,

se vuelve una herramienta bastante poderosa, ya que el resultado de los análisis racionales se puede plasmar, y pueden ser interpretados con gran facilidad, aún por personas no muy versadas en el tema.

III.3 METODO DE LA RUTA CRITICA (M.R.C.).

El método de la Ruta Crítica al que también se le conoce con el nombre de Método C.P.M. (Critical Path Method), fue desarrollado en los Estados Unidos en el año de 1957 por el Sr. Morgan R. Walker, ingeniero de la Compañía E.I. Dupont y el Sr. James E. Kelly Jr. investigador de la compañía Remington Rand así como el Dr. R. L. Martino de la empresa Mauchly Associates.

Walker fue el autor de la lógica de la técnica, mientras que Kelly formuló y desarrolló el aspecto matemático; el doctor Martino por su parte trabajó en los refinamientos de la técnica original aplicándola a la reprogramación de obras.

La Compañía Dupont puso a prueba la aplicación de este método en la construcción de una planta química, y dados los resultados, desde entonces y hasta la fecha, el método de la Ruta Crítica sigue siendo utilizado en todos los proyectos. Así mismo se ha diversificado su uso a proyectos tan variados como pueden ser: industriales, militares, comerciales e ingenieriles, etc.

En México, el método de la Ruta Crítica ha sido usado por diversos organismos: desde 1961, por la Dirección General de Construcción de Edificios, Secretaría de Obras Públicas, con muy buenos resultados. A partir de 1962 la Comisión Federal de Electricidad lo ha adoptado para la planeación, programación y

control de las grandes obras de electrificación que se realizan en el país. En la actualidad los concursos de obra pública convocados por las dependencias gubernamentales exigen que las propuestas presentadas por los participantes contengan el método de la Ruta Crítica, aún existiendo otros métodos.

El método de la Ruta Crítica es un proceso administrativo de planeación, programación, ejecución y control de todas y cada una de las actividades componentes en un proyecto que debe desarrollarse dentro de un tiempo crítico y al costo óptimo. Este método es aplicable en cualquier situación en la que se tenga que llevar a cabo una serie de actividades o tareas relacionadas entre sí, para alcanzar un objetivo determinado.

Este método aplicado a la programación y al control en la ejecución de las obras, y en la forma particular al análisis de los recursos, proporcionan nuevos elementos de consulta que superan netamente a los tradicionales, las etapas de que consta este método son:

- Planeación: Es la determinación de las actividades que integran la ejecución de una obra. Obtenemos con esto una representación convencional de la ejecución de la obra, en la que quede claramente expresado el orden en que deberán ejecutarse tales actividades y su interdependencia.
- Programación: Consiste en el cálculo de las duraciones de todas y cada una de las actividades y su incorporación al plan de ejecución.
- Análisis de costos: En este paso se analizan los costos directos para cada una de las activi

dades, así como para toda la obra. Con lo anterior se puede obtener el costo mínimo asociado a una duración de obra seleccionado entre ciertos límites, y también la duración óptima con el mínimo costo absoluto.

- Análisis de recursos: El método de la Ruta Crítica permite efectuar el análisis de los recursos necesarios para una obra en forma - dinámica.

El análisis con este método permite encontrar la cantidad y clase de recursos, fechas óptimas en que tales recursos son necesarios en la obra, su distribución - en función de la conveniencia para cada caso particular a la limitación y el mínimo necesario.

- Bases del Método de la Ruta Crítica (M.R.C.).

- 1.- Manejo de la planeación y la programación separadamente.
- 2.- Definir en la planeación dos componentes:
 - a).- Actividades que la integran.
 - b).- Secuencia de ejecución.
- 3.- Integración de un programa a través del Diagrama de Flechas.
- 4.- Estimar la duración de cada una de las actividades.
- 5.- Presentar datos para el análisis de la relación costo-duración de una actividad dada.
- 6.- Presentar datos para establecer la necesidad de recursos en cada período del proyecto.

- Planeación para el Diagrama de Flechas.

Es evidente que para la elaboración de una planeación y programación eficientes deben de cumplirse las siguientes condiciones principales:

- Personal con la experiencia necesaria.
- Conocimiento de métodos posibles para ejecutar el proyecto de acuerdo con los recursos humanos, económicos, de equipo, de espacio, de materiales, etc., disponibles.
- Conocimiento de los tiempos requeridos de ejecución.
- Conocimiento de recursos disponibles y condiciones del lugar de ejecución del proyecto.

Mientras más cuidadosa sea la planeación y la programación, mejor será el aprovechamiento de los recursos disponibles, y por lo tanto, mayor será la eficiencia de la ejecución del proyecto.

Usualmente no es posible elaborar el plan y el programa definitivos de un proyecto en un primer intento; sino que hecho un primer intento, hay necesidad de someterlo a revisión por los diferentes departamentos o personas involucradas en su formación y modificarlo, si es necesario, con objeto de satisfacer mejor a las condiciones de la empresa encargada de realizar el proyecto, por otro lado es claro que si dos o más empresas hacen la planeación y programación de un mismo proyecto, los planes y programas que desarrollen serán diferentes, ya que la experiencia y los recursos de las empresas en cuestión son también distintos.

- Elaboración del Diagrama de Flechas.

Primera Fase:

Lo primero que se tiene que hacer para proceder a la elaboración del Diagrama de Flechas, es el listado de actividades, dividir el proyecto en un conjunto de actividades principales o de primer orden, subdividir enseguida a estas actividades en actividades de segundo orden y continuar así sucesivamente, procediendo de esta manera, es claro que la planeación y la programación de cada una de las actividades de primer orden, por ejemplo, deberá hacerse considerando a esa actividad como un proceso compuesto de las actividades de segundo orden que le corresponden.

NUMERO DE ORDEN DE LAS ACTIVIDADES	1o.	2o.	3o.
PROYECTO	A ₁	A _{1.1.}	A _{1.1.1.} A _{1.1.2.} A _{1.1.k}
	A ₂	A _{2.1.}	A _{2.1.1.} A _{2.1.2.} A _{2.1.3.} A _{2.1.N}

Las actividades de orden más elevado son las componentes básicas o elementos del proyecto. Por otro lado, a medida que el orden de una actividad decrece, aumenta la complejidad de su ejecución, y por lo tanto, aumenta la responsabilidad del organismo encargado de ella.

Segunda Fase:

Una vez concluida la primera fase de la planeación de un proyecto, es necesario analizar el orden en que deben ejecutarse

las actividades que lo integran, teniendo en cuenta los requisitos del proyecto mismo, para este efecto es necesario contar con personal con experiencia, que tenga conocimiento de los alcances y limitaciones, tanto del proyecto como de la empresa, ya que es to determina el orden a seguir. Para llevar a cabo esta etapa de la planeación, es recomendable preparar una tabla, denominada: Matriz de Secuencias y Precedencias.

La Matriz de Secuencias y Precedencias no es sino una -- ayuda agil para establecer la secuencia de actividades, y se ela bora anotando tanto en renglones como en columnas el nombre de las actividades (una en cada caso y por cada renglón o columna) teniendo que si existen N actividades, tendremos N columnas y N renglones, siguiendo los dos renglones que se enuncian:

- a).- Se analiza la actividad correspondiente a cada uno de los renglones y se determina que actividad o actividades pueden hacerse inmediatamente después de determinar la primera, para lo que habrá de señalarse se con una X en la(s) intersección(es) con la(s) actividad(es) que pueda(n) ejecutarse inmediata(s) a la del renglón correspondiente.
- b).- Se analiza la actividad de cada una de las columnas y se determina que actividad(es) deben preceder inmediatamente antes de poder empezar la actividad en cuestión, para lo que habrá de recorrer la columna examinando los renglones y marcando con una X la intersección con la(s) actividad(es) que deberá(n) estar concluida(s) para arrancarla de la columna -- analizada.

Cabe mencionar que en algunos casos es más fácil iniciar con el análisis de las columnas, y en otros con el de los renglo

nes. Asimismo deberán revisarse por los dos caminos para certificar secuencias y no caer en falsas dependencias.

A continuación se presenta el ejemplo de una matriz en el formato clásico que se acostumbra utilizar:

ACTIVIDADES INMEDIATAS SIGUIENTES ↓ ACTIVIDADES INMEDIATAS PRECEDENTES	PRELIMINARES	CIMENTACIONES	ESTRUCTURAS	ALBANILERIA	INSTALACIONES	ACABADOS	AZOTEAS	A. EXTERIORES
PRELIMINARES								
CIMENTACION								
ESTRUCTURA								
ALBANILERIA								
INSTALACIONES								
ACABADOS								
AZOTEAS								
A. EXTERIORES								

- Representación gráfica del plan para un proyecto.

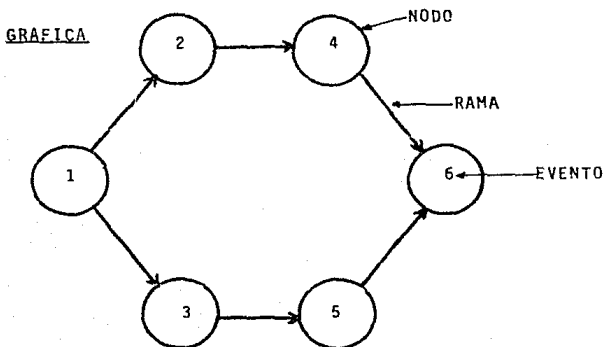
En la primera y segunda fase de la elaboración del Diagrama de Flechas: a): actividades que la integran, y b): secuencia de su ejecución, aunque de hecho la matriz de Secuencias y -

Precedencias es una representación de las dos fases de la planeación, es conveniente disponer de una representación gráfica más objetiva. Con este fin, se presentan algunos conceptos geométricos básicos preliminares.

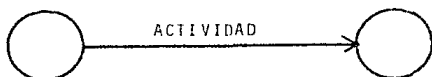
Evento.- Es un momento dentro del proceso constructivo que no consume tiempo ni recursos, representa a la iniciación o terminación de una actividad, deben los eventos sucederse en una secuencia lógica y se representan por medio de círculos:



Gráfica.- Es un conjunto de dos o más puntos unidos entre ellos por una o más líneas a los puntos del conjunto se les llama nodos y a una línea que une a dos nodos diferentes se le llama Rama.

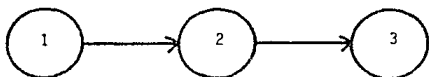


Actividad.- Es la ejecución física de una labor que consume tiempo y recursos. Se representa por una flecha: queda por tanto enmarcada --- entre dos eventos:



Una actividad ficticia es aquella que no consume tiempo ni recursos y se representa por: -----> y se usa solamente para expresar restricciones que define el proceso constructivo, como son las dependencias entre actividades.

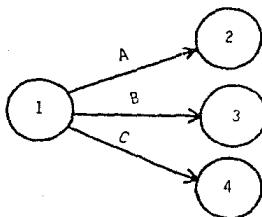
Red o Diagrama.- Es un conjunto de eventos ligados por actividades, los eventos que siguen inmediatamente a otro se llaman eventos subsecuentes, lo mismo sucede con las actividades.



En el diagrama anterior las flechas indican el orden de la sucesión y los números corresponden a los eventos; la secuencia de los eventos es tal, que el evento "2" no puede ser alcanzado antes de que la actividad "1-2" haya sido concluida.

- Representación de actividades que pueden iniciarse simultáneamente.

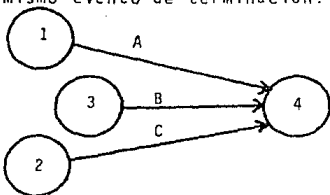
Estas quedarán representadas como flechas que parten de un mismo nodo, es decir, tienen el evento de partida en común.



Se indica que las actividades A,B,C pueden iniciarse simultáneamente en el evento "1".

- Representación de actividades que pueden terminarse simultáneamente.

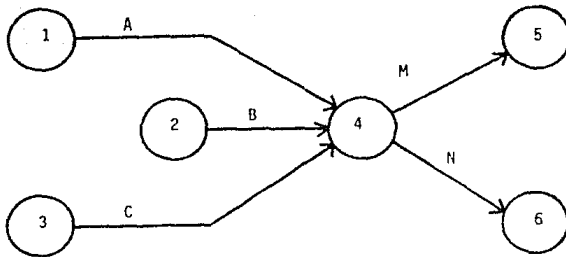
Estas quedarán representadas por flechas que tienen un mismo evento de terminación.



Se indica que las actividades A,B,C puedan realizarse simultáneamente.

- Representación de un conjunto de actividades que pueden iniciarse inmediatamente después de terminarse otro conjunto de actividades.

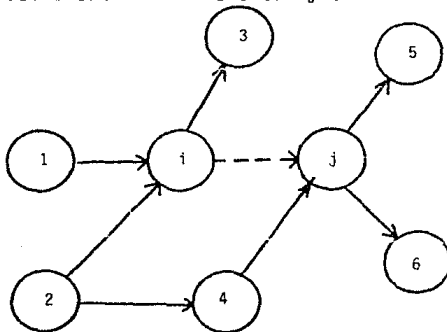
Esto quedará representado como dos conjuntos de flechas que tienen un nodo común, para un conjunto este nodo será de terminación, para el segundo conjunto será de partida, y este nodo será el número 4.



Cabe anotar que las actividades A, B y C no necesariamente deben terminarse simultáneamente y las actividades M y N se podrán iniciar hasta estar concluidas A, B y C, pero no necesariamente iniciar simultáneamente.

- Representación de la condición de que el evento "j" ocurra una vez que las actividades representadas por flechas que llegan al nodo "i" han sido terminadas.

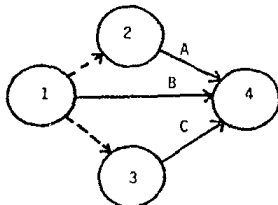
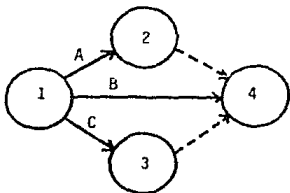
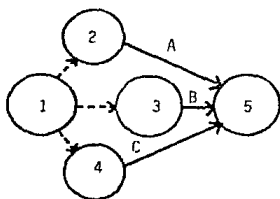
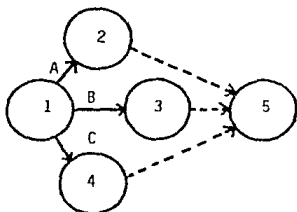
Esto quedará representada con una flecha punteada que va del evento "i" al evento "j".



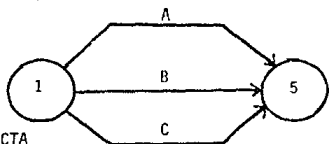
Las actividades j-5 y j-6, se podrán iniciar hasta concluir 1-i, 2-i y 4-j, no existe dependencia de la actividad i-3.

- Representación de actividades que pueden iniciarse simultáneamente y también terminar simultáneamente.

Existen varias formas tales como las siguientes:



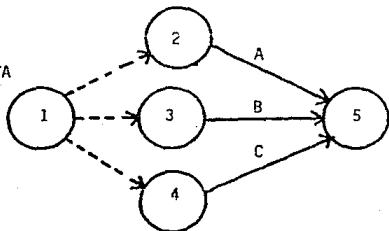
- Representaciones erróneas.



INCORRECTA

No debe usarse esta representación, pues tiene el inconveniente de que varias actividades con el mismo evento pueden tener diferente duración.

CORRECTA



- Construcción del Diagrama de Flechas.

Para la construcción del Diagrama de Flechas que representa a un plan para un proyecto, es conveniente, aunque no necesario, disponer de la Matriz de Secuencias y Precedencias. El Diagrama de Flechas se construye como sigue:

- a) Seleccionar la actividad que da el inicio al proceso constructivo.
- b) Determinar una secuencia lógica de las actividades ayudándonos con lo que nos muestra la Matriz de Precedencias.
- c) Escoger actividades que por su naturaleza pueden iniciarse al mismo tiempo que la actividad que da inicio al proceso, y considerar en cualquier etapa de la red las actividades que simultáneamente pueden ejecutarse.

Es conveniente hacer en un principio uno o dos bosquejos del Diagrama para corregir detalles y cuidar de que se usen lo menos posible actividades ficticias, dependiendo de su naturaleza.

Para calcular lo que propiamente llamaremos Red hemos de definir una serie de conceptos como lo son las fechas de inicio y término de cada actividad.

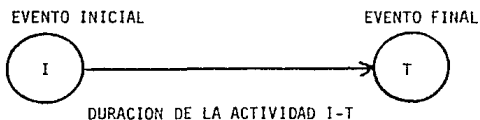
I_p = tiempo de inicio más próxima o más temprana de cada actividad.

I_R = tiempo de inicio más remoto o más tardío de cada actividad.

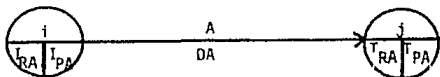
Si a estas fechas les sumamos la duración de cada actividad tendremos como resultado:

T_P = tiempo de terminación más próxima.

T_R = tiempo de terminación más remota.



Respectivamente, a efecto de tener esta información en la Red se usa la siguiente notación:



Para construir la Red se deberán tomar en cuenta las siguientes restricciones:

- 1.- Dibujar la red con las restricciones establecidas en la Tabla de Secuencias.
- 2.- Checar que no existan dependencias innecesarias.
- 3.- Eliminar todas las actividades ficticias que resulten no necesarias.
- 4.- Hacer la numeración de los eventos de tal forma que las actividades se puedan expresar por el valor absoluto del número inicial y al final, siendo el último siempre mayor que el primero.

Para calcular la iniciación próxima de cada actividad, se considera que el inicio o el evento uno es el arranque de la red, de forma tal que si tenemos la actividad 1-2 y ésta tiene una duración de dos unidades, la actividad que se puede iniciar inmediata a la 1-2 tendrá como $I_p=2$ y así sucesivamente.

Para el cálculo de la terminación remota, el proceso es inverso puesto que una vez que le dimos las duraciones a todas las actividades y que calculemos todas las actividades y que -- calculemos todos sus I_p 's podemos ver que el evento final tiene un I_p que equivale al tiempo de duración total de la red, conviene aquí aclarar que al efectuar el procedimiento del cálculo de las I_p 's, en el caso de que a un evento llegue más de una actividad, el I_p que se anotará en dicho evento será el que tenga un valor mayor.

Pues bien, hecha esta aclaración, tenemos que la T_R será calculado al inverso, pues partimos del evento final y se va descontando la duración de cada actividad y, en el caso de que de un evento salga más de una actividad, la T_R que se anote será la de menor valor.

Como complemento para una correcta lectura de la red, tenemos que la T_{RA} es al mismo tiempo la I_{PB} , siendo "B" la actividad que le sucede a "A"; igualmente la T_{PA} es al mismo tiempo la I_{PB} .

- Observaciones de la Gráfica de Flechas.

- a) La Gráfica de Flechas es una representación integral de un plan para un proyecto, ya que contiene actividades que la componen y orden de ejecución.
- b) La Gráfica de Flechas es la representación de la

Tabla de secuencias en una forma menos objetiva.

- c) Las actividades representadas en la gráfica se pueden identificar mediante la pareja de números de los eventos inicial y final de la flecha que representa a dicha actividad.
 - d) La Gráfica de Flechas de un plan de un proyecto real no puede contener trayectorias cerradas, ya que para cada actividad existe una duración.
 - e) Si existe en una gráfica, una sola trayectoria que -- contenga únicamente a una flecha sólida y a una flecha punteada, cualquiera que sea el orden, se podrá suprimir el nodo intermedio y la flecha punteada y prolongar la flecha sólida hasta el nodo terminal.
- Ventajas de la Gráfica de Flechas.
- a) Una base determinada para la planeación del proyecto.
 - b) Una forma clara de mostrar el plan para un proyecto, que puede interpretarse con facilidad por cualquier persona conectada con el proyecto o con una fase de el.
 - c) Un medio de valorar estrategias o planes alternativos.
 - d) Un medio de evitar la omisión de actividades que pertenecen al proyecto.
 - e) Un medio de deslindar las responsabilidades de los diferentes departamentos u organismos que intervienen en la ejecución del proyecto.

- f) Una ayuda para refinar el diseño de un plan propuesto para un proyecto.
- g) Un medio de encausar la experiencia adquirida en la ejecución de proyectos similares.
- h) Un medio excelente para el entrenamiento de personal de proyectos de planeación.

A partir de la integración del Diagrama de Flechas o Gráfica de Flechas y una vez establecida la duración de cada actividad, estas son representadas como la duración de cada flecha en el Diagrama o Gráfica.

Considerando estas duraciones podemos encontrar la serie de flechas que sumadas darán la duración máxima, cuyo valor es la representación de la duración del proyecto. Las actividades que forman la serie sucesión de duración máxima son llamadas actividades críticas, las que a su vez dan lugar a la que conocemos como Ruta Crítica.

- Definición de Holguras.

Observando el Diagrama de Flechas, nos damos cuenta que las actividades NO críticas, es decir, las que no forman parte de la Ruta Crítica, tienen la característica de poder retrasar en cierto tiempo su terminación sin afectar la terminación del proyecto total, a este tiempo se le conoce como HOLGURA TOTAL de la actividad.

Por otro lado la HOLGURA LIBRE es el tiempo que una actividad puede retrasarse sin modificar las fechas de inicio de las actividades que le suceden. Una vez definidas tenemos que se pueden calcular de la siguiente forma:

$$H_T = T_R - I_p - D$$

Esto es, holgura total es igual a terminación remota menos iniciación próxima menos duración de la actividad en cuestión. Con esta información y con la de la red misma se puede calcular la Tabla de Holguras. En todo caso y según su definición, la Holgura Libre siempre se podrá obtener de la red.

- Aplicaciones del Diagrama de Barras a la Ruta Crítica.

De la información que obtenemos del Método de la Ruta Crítica es posible hacer un Diagrama de Barras, en el que las actividades estén en un orden de Holgura Total creciente. Con esta base y los datos de recursos requeridos para cada actividad según su duración, se pueden elaborar los programas de control, es decir:

- 1.- Programa de ingresos.
- 2.- Programa de egresos.
- 3.- Programa de mano de obra.
- 4.- Programa de materiales.
- 5.- Programa de equipo.

Primeramente, suponiendo que todas las actividades se -- inician tan pronto como sea posible (I.P. Iniciación Próxima), se hacen las gráficas o diagramas de barras de los recursos, obteniendo así los datos de la distribución de los mismos en el -- tiempo. Ahora bien, con el fin de un manejo adecuado, y de evitar períodos en que se tenga necesidad de muchos recursos y otros de pocos, se manejan las holguras de las actividades, a -- fin de obtener una distribución de los recursos en el tiempo -- acordes a la realidad y disponibilidad de la empresa.

Si en un momento dado, por ciertas limitaciones de la empresa, o la disponibilidad de recursos, vemos que para terminar un proceso en el tiempo indicado es necesario reducir alguna o algunas actividades críticas, se pueden manejar entonces los programas de costos, directos e indirectos, para obtener así como reducir actividades con un costo óptimo.

Suponiendo las gráficas de costo directo y costo indirecto contra tiempo, la suma de ellas, es decir, costo total-tiempo deberá presentar un mínimo, es decir, un costo óptimo al que le corresponderán los programas de recursos con una cierta distribución de ellos en el tiempo, que serán los indicados a aplicar en el proyecto.

- Ventajas del Método de la Ruta Crítica (Método C.P.M.).

Las ventajas que podemos observar de los métodos de secuencias son los siguientes:

- a) Información para la programación detallada de los recursos.
- b) La definición clara de la interrelación de las actividades.
- c) La evaluación del avance del proyecto y la retro-alimentación del control, tomando las medidas necesarias.
- d) La definición de las actividades no críticas para las posiciones de recursos en condiciones no previstas.
- e) La definición de las actividades críticas para su estricto control.
- f) La evaluación de la relación costo-tiempo en caso de reprogramación.
- g) La posibilidad de calcular un costo y duración óptimos de un proyecto.

- h) Elimina prácticamente la posibilidad de omitir una actividad.
- i) Delimita responsabilidades de carácter técnico.
- j) Permite dirigir a actividades claves, personal adecuado a las mismas.
- k) Nos da la posibilidad de manejar alternativas.
- l) Da lugar a una mejor coordinación de los trabajos de los diferentes departamentos que intervienen en el proyecto.

111.4 METODO DE COMPRESION DE REDES.

Del subcapítulo anterior podemos entender lo siguiente:

- Que la ruta crítica en la red, será el camino que resulte con el mayor tiempo o duración desde su inicio hasta su terminación.
- Que el tiempo que tarda en ejecutarse cada actividad está en función del procedimiento constructivo y de los recursos de que se disponga.
- Que para los casos en que esté mayor tiempo, no cumpla con el objetivo planteado, el método C.P.M., nos permite su reprogramación total, definiendo nuevas duraciones de las actividades que componen el proceso constructivo.
- En ocasiones, esta reprogramación nos puede llevar a cambiar el proceso constructivo, con lo cual la planeación y programación inicial se desecha.

Cuando se trata de no alejarse de los planteamientos -- originales, se hace necesaria una reprogramación en cualquiera de las 2 formas que se explican a continuación:

Reprogramación Total.- Se hace necesaria, cuando antes de iniciar la obra y teniendo el programa original, se decide reducir el tiempo de ejecución del mismo, ya sea por solicitud del cliente dado que sus necesidades sean las de contar con el proyecto ejecutado antes de la fecha planteada o por alguna situación especial de carácter social, político o económica.

Reprogramación Parcial.- Se realiza cuando al hacer un reporte de avance de obra, el informe de avance real - comparado con el avance programado, nos indica un atraso en tiempo con respecto al programa original y se hace necesario terminar en el tiempo previsto. O cuando ya avanzada la obra, se hace necesario terminar antes de la fecha original, por necesidades del cliente.

Cualquiera que sea nuestra necesidad de reprogramación, la podemos lograr mediante la reducción de tiempos de las actividades del proceso crítico, acción a la cual llamaremos COMPRESION DE REDES.

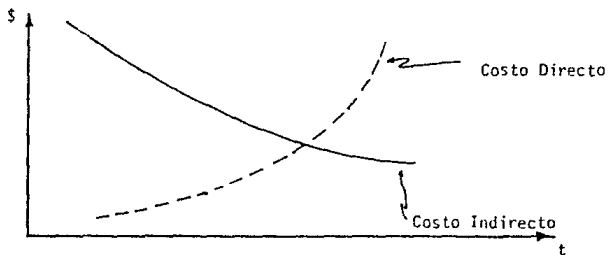
III.4.1 Principios del método.

Para comprender el método de compresión de redes, es necesario entender lo siguiente:

- a) La duración, el costo y los recursos necesarios para ejecutar una actividad son tres factores muy ligados entre sí.

Reducir duración \longrightarrow Incremento de recursos \longrightarrow Incremento del costo.

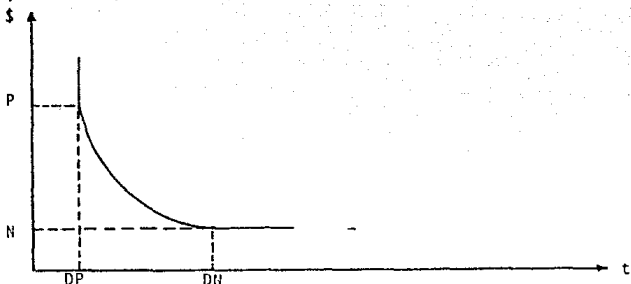
- b) El costo directo se forma de la suma de los costos de materiales, mano de obra y de maquinaria, y el costo indirecto es una función directa del tiempo de duración de un proyecto.



- c) Cuando la duración de un proyecto se acorta, el costo aumenta, si la parte asociada a los recursos aumenta más que lo que se disminuye la asociada con el tiempo.
- d) Toda actividad que se ejecuta en un tiempo normal, - puede ser ejecutada en tiempos menores, hasta su duración límite.

En la siguiente gráfica, podemos observar que es posible obtener una duración para la cual el costo de ejecución es el mínimo, dadas unas condiciones normales para realizar las actividades. A esta duración, se le llama duración normal, y al costo -

correspondiente, costo normal.



Por otra parte, existe un límite inferior para la duración llamada duración límite o de premura a la cual corresponde un costo límite o de premura. Esta duración de premura se caracteriza porque no pueden reducirse más los tiempos de ejecución, aunque se incrementen indefinidamente los recursos para ello, logrando únicamente incrementar los costos.

- e) Una actividad no se puede acortar más allá de su duración límite o de premura.
- f) Las duraciones posibles de una actividad se encuentran entre la duración mínima y la duración normal.
- g) Existe un costo por unidad de tiempo, para reducir la duración de una actividad, en un período de tiempo entre el normal y el de premura y que se obtiene de la siguiente expresión:

$$Q_{NL} = \frac{CP - CN}{DN - DP}$$

donde:

Q_{NL} = Costo por unidad de tiempo acortada.

- CP = Costo de premura.
 CN = Costo normal.
 DN = Duración normal.
 DP = Duración de premura.

III.4.2 Procedimiento de compresión de redes.

Independientemente del tipo de reprogramación a efectuar, la compresión de redes se efectúa de la siguiente manera:

- 1.- Las compresiones se efectúan directamente sobre el Diagrama de Flechas, del proceso en cuestión.
- 2.- Se obtiene una tabla de duraciones y costos, con el fin de obtener el costo por unidad de tiempo acortado.

ACTIVIDAD	DN	DP	CN	CP	PESOS /u.t.a.
Sumas			$\sum CN$	$\sum CP$	

- 3.- Se eligen aquellas actividades cuya holgura total sea igual a cero, de manera que cualquier reducción sobre sus tiempos de ejecución, se refleje en la du ración total del proceso.

- 4.- De las actividades que forman la ruta crítica, se escogerán para su acortamiento, aquellas cuyo costo de reducción sea el más bajo.
- 5.- Se hará la compresión por etapas cuidando de no acortar actividades, más allá de su duración de premura.
- 6.- Con la nueva duración asignada a la actividad comprida, se calculan los tiempos, según el mecanismo explicado en el subcapítulo anterior (C.P.M.).
- 7.- Se calcula el nuevo costo del proceso, con la siguiente expresión:

$$\text{Costo N} = \text{Costo N-1} + (Q_{NL}) \text{ ND}$$

donde:

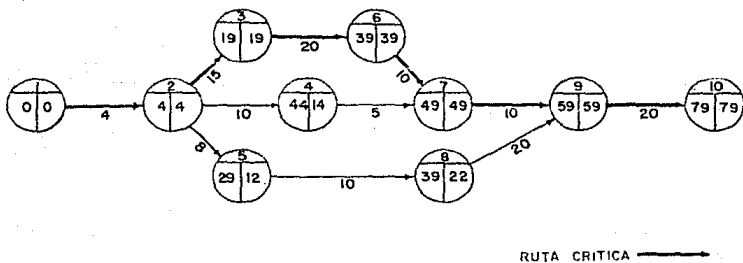
- ND = Unidades de tiempo acortadas en la última compresión.
- Costo N = Costo del proceso con la última compresión realizada.
- Costo N-1 = Costo del proceso con la penúltima compresión.
- Q_{NL} = Costo por unidad de tiempo acortada.
- 8.- Del análisis de tiempos, se determinan nuevamente aquellas actividades que sean críticas ($H_T = 0$) y por consiguiente la Ruta Crítica. En esta etapa puede suceder que al término de la compresión aparezcan una o más rutas críticas.
 - 9.- En caso de necesitar seguir acortando la duración total del proceso y en caso de tener una o más rutas críticas, la compresión se deberá hacer simultáneamente y por el mismo período de tiempo en las actividades de ambas rutas.

- 10.- Cuando después de las compresiones necesarias, se llega al tiempo deseado, la compresión de redes se ha terminado y se obtiene el diagrama final y la tabla de compresiones.

III.4.3. Ejemplo:

Para una mejor comprensión del método se desarrollará el siguiente ejemplo, aplicando las 2 formas de reprogramación mencionadas.

Supongamos el siguiente Diagrama de Flechas, representativo de un proyecto:



- Tabla de duraciones y costos.

ACTIVIDAD	DN	DP	* C _N	* C _P	* PESOS / DIA	H _T
1 - 2	4	2	100	400	150	0
2 - 3	15	10	50	150	20	0
2 - 4	10	5	20	100	16	40
2 - 5	8	5	20	80	20	25
3 - 6	20	10	30	150	12	0
4 - 7	5	3	15	105	45	5
5 - 8	10	5	5	20	3	10
6 - 7	10	5	10	30	4	0
7 - 9	10	5	300	700	80	0
8 - 9	20	10	200	500	30	20
9 - 10	20	10	100	300	20	0
Sumas:			850	2535		

* Miles de pesos.

donde:

DN = duración normal.

DP = duración premura.

HT = holgura total.

1er. Caso.

Supongamos, que antes de iniciar la obra y por necesidades del cliente, se hace necesario reducir el tiempo de ejecución original en 30 días, sin modificar el proceso constructivo dado que éste es el adecuado para lograr la calidad deseada del proyecto.

En este caso se hace necesaria una reprogramación total de la red, la cual se desarrolla a continuación.

Duración total - Reducción de tiempo = Tiempo de Reprogramación necesario.

79 días - 30 días = 49 días

- Se marcan en la tabla las actividades críticas.
(Ver tabla de duraciones y costos).

- 1a. Compresión.- Se elige la actividad 6-7, de la tabla de duración y costos, por ser la de menor costo de reducción de la ruta crítica.

Esta actividad la acortaremos hasta su límite o duración de premura, o sea, cinco días.

Se calculan los tiempos en el diagrama de flechas para verificar si no surge otra ruta crítica.

- 2-a. Compresión.- La actividad 3-6, es la segunda actividad de menor costo de duración, y se puede reducir hasta en 10 días.
- 3a. Compresión.- De la tabla de duraciones y costos, vemos que hay dos actividades de menor costo, la 2-3 y 9-10. Tomaremos la actividad 9-10, que se puede reducir hasta en 10 días y no afecta la ruta original y en cambio si reducimos 2-3 en su duración límite, afectaríamos la -- ruta original.

DIAGRAMA DE FLECHAS (PROCESO DE COMPRESION)

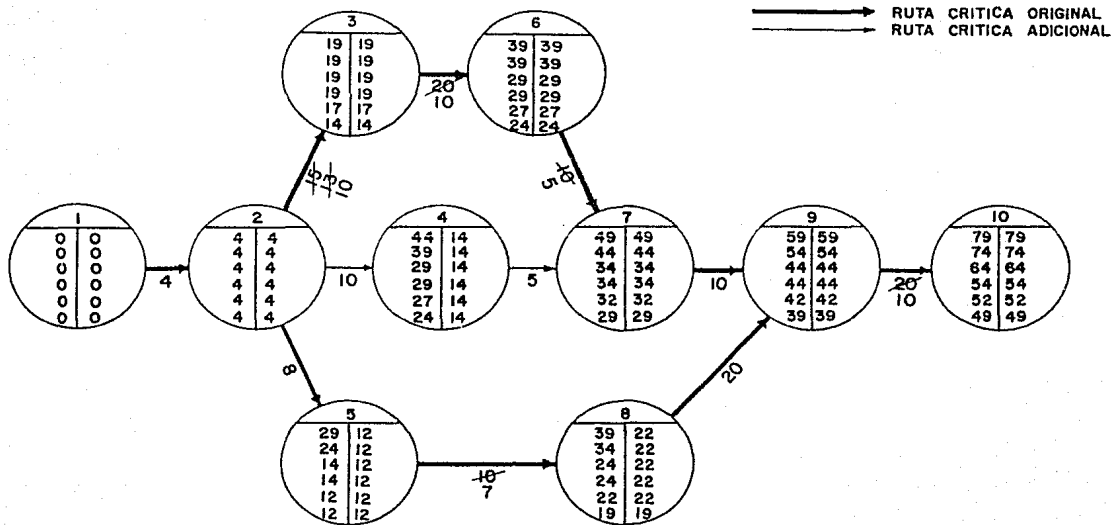


TABLA DE COMPRESIONES

Duración
 búsqueda = 49 días

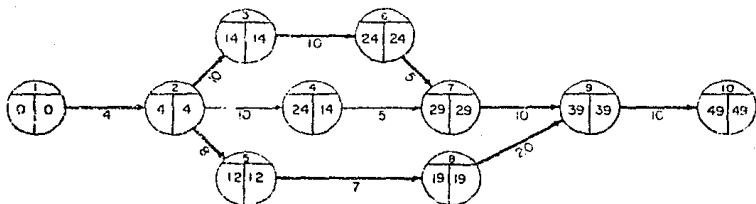
ACTIVIDADES	COMPRESIONES	OPERACIONES	COSTO TOTAL	DURACION ACORTADA
6 - 7	1a. 5 días	$850 + (4 \times 5)$	870	$79 - 5 = 74$
3 - 6	2a. 10 días	$870 + (12 \times 10)$	990	$74 - 10 = 64$
9 - 10	3a. 10 días	$990 + (20 \times 10)$	1190	$64 - 10 = 54$
2 - 3	4a. 2 días	$1190 + (20 \times 2)$	1230	$54 - 2 = 52$
2 - 3 y 5 - 8	5a. 3 días	$1230 + (20 \times 3) + (3 \times 3)$	1299	$52 - 3 = 49$

- 4a. **Compresión.**- La actividad 2-3 se puede comprimir has ta en 5 días, pero presenta el inconveniente de origi nar una ruta crítica distinta a la original, por lo que se comprimirá la actividad 2-3 en 2 días para no alterar la ruta crítica original.

En esta compresión, no se afecta la ruta crítica original, pero se forma otra en la cadena 1-2-5-8-9-10.

- 5a. **Compresión.**- Nos faltan 3 días para lograr reducir nuestra duración a 49 días. Esto lo podemos lograr reduciendo otros 3 días la actividad 2-3, pero también necesitamos reducir en 3 días la ruta crítica -adicional-, por lo que también reduciremos la actividad 5-8 en 3 días.

Con cinco compresiones llegamos al tiempo que necesitamos, por lo tanto la compresión de la red se ha ter minado y el diagrama final que ha quedado es:



Para una duración de 49 días, obtenemos por medio de la compresión de redes, un aumento en el costo, de 850 hasta 1299.

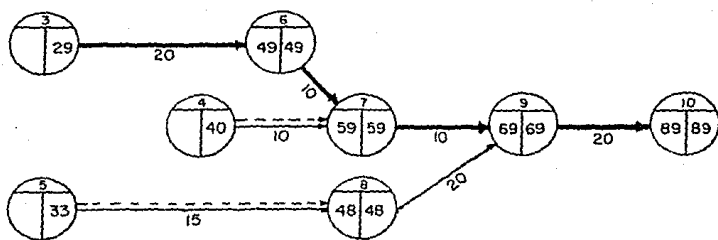
A este costo también se le llama costo de ruptura.

2do. Caso.

Para este caso, supondremos que la obra tiene ya 45 días de ejecución y que al hacer un reporte de avance de obra, el informe de avance real comparado con el avance programado, nos resulta un atraso de 10 días con respecto a la fecha de terminación requerida, por lo cual es necesario tomar las medidas necesarias para corregir tal desviación. Esto lo lograremos aplicando compresión de redes parcial que se ejemplifica a continuación:

ACTIVIDAD	COMENZO	% AVANCE
1 - 2	2	100
2 - 3	6	100
2 - 4	20	100
2 - 5	18	100
3 - 6	29	80
4 - 7	40	50
5 - 8	33	80

Analizando éste informe y actualizando el programa original, llegamos al retraso en tiempo que ha sufrido la obra y que será necesario recuperar.



-----> ACTIVIDAD REALIZADA PARCIALMENTE
 -----> RUTA CRITICA

$$89 - 79 = 10 \text{ días}$$

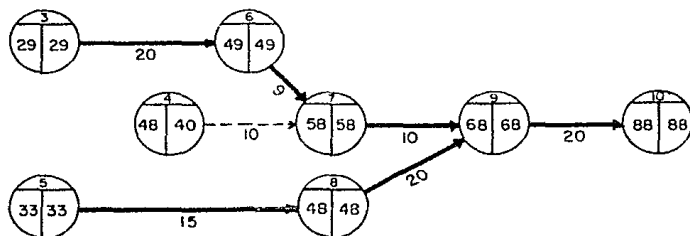
Como podemos observar del análisis anterior, el proyecto se ha retrasado con respecto al tiempo de duración inicial en 10 días por lo que necesitamos tomar las medidas correctivas para hacer que el proyecto termine en la fecha programada, lo cual podemos lograrlo comprimiendo la red.

TABLA DE DURACIONES Y COSTOS

ACTIVIDAD	DN	DP	CN	CP	AC/AT
6- 7	10	5	10	30	4
7- 9	10	5	300	700	80
8- 9	20	10	200	500	30
9-10	20	10	100	300	20
SUMAS			610	1530	

Proceso de compresión de redes.

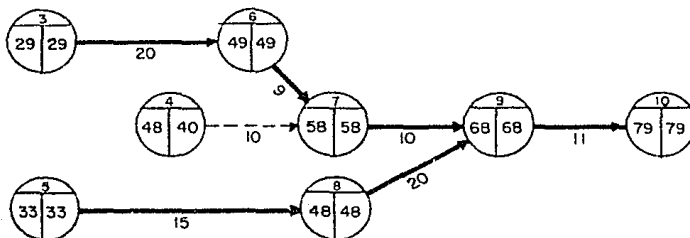
- 1a. Compresión: Actividad 6-7; 1 día, lo cual hace que aparezcan 2 rutas críticas.



Costo adicional = $4 \times 1 = 4$ unidades.

- 2a. Compresión.

Actividad 9-10; 9 días.



Costo adicional = $20 \times 9 = 180$ unidades

- Por medio de la compresión de redes, para lograr la duración de 79 días, se hace necesario incrementar el costo en -- 184 unidades.

$$610 + 184 = 794 \text{ unidades.}$$

TABLA DE COMPRESIONES

ACTIVIDADES	COMPRESIONES	OPERACIONES	COSTO TOTAL	DURACION ACORTADA
6 - 7	1a. 1 día	$610+(4 \times 1)$	614	$89-1=88$
9 -10	2a. 9 días	$614+(20 \times 9)$	794	$88-9=79$

**CAPITULO IV. APLICACION DEL METODO DE LA RUTA
CRITICA**

IV. APLICACION DEL METODO DE LA RUTA CRITICA

En el capítulo anterior hemos comentado acerca de los diferentes métodos que se utilizan para resolver de una manera efectiva la planeación, programación y control de procesos constructivos.

En este capítulo aplicaremos el Método de la Ruta Crítica al proyecto que nos ocupa en el presente trabajo y que se refiere a la "Programación y Control de la Construcción del Museo de Antropología e Historia de la Ciudad de Toluca". De aquí en adelante al referirnos a la aplicación del Método de la Ruta Crítica tomaremos en consideración que se le nombra así, pero sin embargo, se ha complementado y ayudado en la práctica de los diferentes métodos citados en el capítulo anterior. Se le dio el nombre del Método de la Ruta Crítica por ser este método el que más aporte tiene. Entonces nos avocaremos a describir las etapas que realmente lo integran.

Como primer paso es de vital importancia la "Descripción de las Actividades del Proyecto" para conocer el o los conceptos de obra a los cuales nos estamos refiriendo, así como saber que está englobando o sus limitaciones que tiene con respecto a los trabajos que se efectúan en él. Una vez definidas las actividades de nuestro proyecto se debe proceder a la "Asignación de Recursos y Tiempos", que se refiere a la cuantificación real de tiempo, mano de obra, maquinaria, materiales y recursos económicos. Para lograr esto debemos tener preparada la información necesaria de volúmenes de obra, rendimientos y precios de los diferentes conceptos de obra y materiales que se van a manejar. En el caso particular de este trabajo, manejaremos únicamente asignación de recursos y tiempos en mano de obra.

Una vez realizada la Asignación de Recursos y Tiempos vaciaremos todas nuestras actividades en la "Matriz de Secuencias y Precedencias" que definirá la interdependencia que guardan unas actividades con otras de una manera gráfica muy sencilla. Una vez obtenida la Matriz podremos definir el "Diagrama de Flechas" que representará también gráficamente la secuencia, duración, holgura y ruta crítica.

Con la obtención del "Diagrama de Barras" cerramos el ciclo que acompleta el Método de la Ruta Crítica. En este diagrama tendremos la información necesaria para conocer fechas de inicio y terminación así como de duración y la posible posibilidad de mover algunas actividades que tienen holgura.

IV.1 DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO.

La intención de este subcapítulo es que a través de él se tenga la facilidad de poder visualizar los trabajos que corresponden a cada una de las actividades y que se tenga una idea clara de qué conceptos de obra se incluyen y cuáles no. Es de vital importancia que en la descripción de las actividades lo hagamos con el mayor detalle posible para que posteriormente no se preste a confusión si algún concepto de obra se omitió y que más adelante sea bastante costoso el realizarlo.

Por lo tanto es muy ventajoso el contar con la descripción de las actividades porque nos da la información para poder incluir en el momento ideal el concepto de obra correspondiente.

A.- Contrato.

Firma de este por las partes involucradas, entrega de - fianzas correspondientes, recepción de documentación y especifi

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

caciones por parte del cliente o dependencia, recepción del anticipo, asignación del personal técnico administrativo para la obra y entrevista con la supervisión asignada.

B.- Limpieza del terreno al 50%.

Se refiere al retiro de la capa vegetal, escombros y obstáculos mayores como árboles y rocas que puedan estorbar en el área de trabajo. La finalidad de la limpieza del terreno consiste en que se pueda trabajar libremente sin estorbos, así como que la maquinaria pueda circular sin mayor problemas en el lugar de trabajo.

C.- Limpieza del terreno al 100%.

En esta actividad se continúan realizando los trabajos necesarios para que esta área restante quede en condiciones para poder trabajar en ella sin tener la necesidad de estar frenando la siguiente actividad que se refiere al trazo y nivelación. Todo el material de escombros resultado de esta limpieza se concentrará en un solo lugar fuera del área de trabajo.

D.- Trazo y nivelación al 50%.

Incluye la fijación de ejes principales, los bancos de nivel y referencias necesarias para la localización rápida de cualquier punto de importancia, así como las marcas que delimitarán el área donde se realizará la excavación. Es necesario que todas las referencias queden perfectamente fijadas para que no se muevan con cualquier roce accidental de maquinaria, aunque se debe tener la prevención de poner señales alrededor de alguna o algunas referencias que pensemos pueden pasar desapercibidas para aquellas gentes que manejan principalmente la maquinaria pesada o camiones, que son los que más frecuentemente golpean o sacan de su lugar estas referencias.

E.- Trazo y nivelación al 100%.

Esta actividad es la continuación de la anterior sobre el otro 50% de área restante. Es de suma importancia la buena realización del trazo y nivelación, para ahorrarnos cualquier problema posterior que implique algún cambio en las medidas por la falta de exactitud en el trabajo realizado en el campo. Es importante que no se pierda tiempo, sino al contrario, antes de dar por recibido el trabajo realizado por el equipo de topografía que sea revisado por el Ingeniero residente(s) de obra y su maestro(s).

F.- Excavación para cimentación al 50%.

Se requiere que en esta actividad se desaloje todo el material existente en el área donde se alojará la cimentación, teniendo bien en consideración los niveles de desplante de ésta. Aquí se incluirá la colocación de la plantilla hecha en obra de un concreto pobre de 100 kg/cm², esta plantilla es para facilitar la colocación del acero para la cimentación y la limpieza necesaria en el colado del concreto, así como para garantizar el respeto a la especificación de recubrimiento para el acero. En esta fecha daremos inicio también al habilitado del acero para la cimentación.

G.- Excavación para cimentación al 100%.

Se refiere a la continuación de la actividad anterior para tener en su totalidad la excavación. El material producto de la remoción se irá depositando a un lado de la excavación para posteriormente utilizarlo como material de relleno. También se irá trabajando en el correspondiente 50% faltante de la plantilla para terminarla completamente así como en el habilitado de acero perteneciente a la cimentación.

H.- Acero en zapatas y dados.

Se consideran los trabajos necesarios para la continuación del habilitado del acero perteneciente a la cimentación de acuerdo a las especificaciones en planos. Así como el acarreo del acero para colocarlo en su lugar correspondiente. En el habilitado del acero nos referimos a los trabajos necesarios para formar los armados de acero que se ahogarán en el concreto. Se utilizará un material especial adhesivo para las juntas frías entre zapatas y dados en caso de que los colados no se realicen monolíticamente.

En esta etapa el Ingeniero residente(s) de obra verificará(n) personalmente; que los diámetros de varillas sean los especificados, que las longitudes de empalmes sean las adecuadas, que las separaciones en estribos y varillas sean las propuestas.

I.- Colado de zapatas y dados.

Incluye la fabricación del concreto de resistencia especificada en una planta premezcladora, así como el traslado de este en camiones al sitio donde se efectuará el colado, donde - en el caso de que se necesite, se utilizará una bomba para lanzar concreto a los sitios que no estén al alcance de las ollas de los camiones.

Dentro de esta actividad se habilitará la cimbra de contacto necesaria para el colado de la cimentación, así como la colocación en su lugar de esta.

Después de haber retirado la cimbra se harán los rellenos necesarios en el área donde se alojó la cimentación, así como la compactación del material.

J.- Acero de refuerzo en muros y columnas.

Se consideran los trabajos necesarios para habilitar el acero correspondiente a los muros de concreto, este acero se habilitará precisamente donde quedarán permanentemente los muros. Se habilitará y acarreará el acero que formará parte de las columnas. El habilitado, del acero para estos elementos se regirá por las especificaciones en los planos estructurales, se colocará también toda la ductería que quedará ahogada dentro de estos muros, en lo referente a las instalaciones hidrosanitaria y eléctrica, así como de algunos accesorios que también pertenecen a estas instalaciones.

K.- Firmes de concreto en planta baja.

Se refiere a los trabajos que tienen que efectuarse para la fabricación del concreto de resistencia especificada, así como de su traslado de la planta a la obra y de la colocación de este en el área previamente nivelada, cimbrada, compactada, colocación de su malla y anteriormente a esto deben ya estar realizados los trabajos que se refieren a la colocación de ductería que quedará ahogada dentro del firme de concreto y que corresponde a la instalación hidrosanitaria y eléctrica. Los registros que se requieran para cualquiera de estas instalaciones en planta baja se realizarán dentro de esta actividad.

L.- Colado de muros y columnas.

Incluye el habilitado de la cimbra para recibir el colado, así como la colocación de la misma en su lugar correspondiente. La cimbra estará perfectamente curada ya sea con aceite que mado o con diesel. Se tendrá el cuidado de tal manera que se respeten los recubrimientos necesarios, esto se puede garantizar con unos separadores de varilla amarrados a los armados de acero

habilitados para los muros. Se utilizarán vibradores para la correcta distribución del concreto y se tendrá el cuidado de estar curándolo con agua diariamente por lo menos durante los primeros 10 días. El descimbrado se realizará dentro de esta actividad también.

La fabricación del concreto de resistencia especificada se hará en planta, así como su traslado y colocación corresponden a esta actividad.

LL.- Muros de tabique.

Se incluye el suministro del material, colocación juntado con mortero de arena-cemento, en esta actividad se harán los trabajos necesarios para la ranuración que alojará la ductería correspondiente a las instalaciones hidrosanitaria y eléctrica.

M.- Acero en trabes y losas.

Se consideran los trabajos necesarios para habilitar el acero correspondiente a trabes y losas. El habilitado del acero para estos elementos deberá respetar las especificaciones incluidas en los planos estructurales. En lo referente a las instalaciones hidrosanitarias y eléctricas deberá colocarse toda la ductería que vaya alojada dentro de la losa así como las coladeras y algún otro accesorio perteneciente a estas instalaciones. Se dejarán los pasos necesarios para las ventilaciones sanitarias o para los pasos de tubería hidráulica. Se tomarán las medidas necesarias para garantizar la especificación de recubrimiento para el acero.

N.- Concreto armado en cadenas y castillos.

En esta actividad se realizarán los trabajos concernientes para el habilitado del acero que forma parte del armado en cadenas y castillos así como el acarreo de este a su lugar correspondiente. Incluye el habilitado y colocación de la cimbra en el lugar del colado, la cimbra se curará para su fácil manejo posterior con aceite quemado o diesel. El curado del concreto se hará con agua para que se alcance la resistencia especificada. Incluye la fabricación del concreto de resistencia esperada, esta se realizará con mezcladoras para 1 saco de cemento y después de 2 días de efectuado el colado se procederá al descimbrado de estos elementos.

P.- Colado en trabes y losas.

Incluye el habilitado de la cimbra para recibir el colado, así como la colocación de la misma en su lugar correspondiente. La madera estará perfectamente curada ya sea con diesel o aceite quemado. La fabricación del concreto de resistencia especificada se hará en la planta premezcladora y su traslado y colocación pertenecerá todo a esta actividad.

Q.- Estructura de acero.

Se incluye la compra del material al patio de fabricación que se ha destinado en la obra. Este patio será en algunos tramos colado con una capa de concreto para asegurar el nivel del piso. Será necesario también tener alimentación eléctrica especial para el tipo de soldadoras a emplear, ya con esto se iniciará el habilitado de los elementos estructurales consistiendo básicamente en corte, enderezado y biselado. En base a los planos de taller ya revisados y autorizados para construir la estructura y habiendo checado los detalles de conexiones, apoyos etc., se procede al armado y soldado de los elementos previamente habilitados. Con esto se ha conseguido formar la estructura que

por conveniencia de montaje a juicio del constructor se podrá - realizar en un solo tramo o varios, durante el armado y soldado se deberá llevar control radiográfico para asegurar la calidad de las soldaduras en las uniones correspondientes. Con esto se realizarán los trabajos de pintura anticorrosiva especificada, con el retiro previo de óxido en zonas donde se presente. Por último se procederá a realizar el montaje de las estructuras metálicas en su lugar del proyecto.

R.- Prefabricados.

Esta actividad incluye la fabricación, flete y montaje de los elementos pre-esforzados tipo T T, así como la colocación de la malla y el colado de la capa de compresión, el colado de esta se hará después de niveladas las piezas. Estas piezas se fabricarán en planta de acuerdo a especificaciones.

T.- Precolados en tímpanos.

Los trabajos a realizar que incluye esta actividad son: La colocación de las piezas de concreto pre-esforzado para cubrir el claro entre muros de tímpanos. El colado se hará con un impermeabilizante integral independientemente de que después se tomarán las medidas necesarias para impermeabilizar sobre la capa de compresión. Se colocará la malla de refuerzo para la capa de compresión también.

U.- Instalación hidrosanitaria.

Incluye la colocación de todas las válvulas, de toda la tubería que va suspendida entre la losa y el falso plafón, la fabricación, colocación de las tapas de los registros y la realización de las pruebas hidroneumáticas necesarias para la verificación del buen funcionamiento de la red.

V.- Instalación eléctrica.

Se refiere a la colocación de todo el material eléctrico como es: el tendido del cable, centros de carga, contactos, interruptores, apagadores, enchufes, así como todas las salidas necesarias para las luminarias con sus correspondientes balastros. Se energizará la red para checar que todo esta en orden.

W.- Acabados en azotea,

Comprende el suministro del material de relleno a la obra su colocación y elevación, este relleno se efectuará con un material ligero de la región o con tezontle, respetando las pendientes en planos. Sobre el relleno se colocará un entortado y finalmente se impermeabilizará a base de un tipo de materiales - asfálticos. Después de la impermeabilización se checará el buen funcionamiento de esta.

X.- Carpintería en general.

Se refiere a la fabricación de: Marcos, puertas, ventanas, repisas, mesas, recibidores, mostradores, sillas, vitrinas, exhibidores, divisiones y cualquier detalle de madera en general. En esta actividad se incluye el barnizado y acabado final de la misma.

Y.- Obras exteriores.

Incluye los rellenos necesarios para desniveles en los jardines, la colocación de tubería y accesorios para riego de esta área, así como la compactación de este material, se realizarán las obras necesarias para los accesos y patios. Todo el material necesario para la construcción de lo anterior se hará en obra. Se harán los trabajos necesarios de jardinería como la colocación del pasto y de algunos árboles.

Z.- Acabados en muros.

Incluye la colocación de un aplanado de mortero de cemento-arena en los muros de tabique y de la aplicación de pasta corev en todos los muros que previamente han sido perfilados. El material a utilizar en esta actividad se fabricará en obra.

AA.- Lambrines de azulejo y loseta de barro.

Incluye el suministro del material necesario para poner lambrín y azulejo en las zonas de bodegas y baños, en esta colocación del material se hará con un material cementante especial para esto. El lambrín de azulejo consiste en un recubrimiento de material de barro vidriado y/o azulejo comercial de 11x11 cm. en muros y pisos.

AB.- Herrería tubular y colocación de aluminio.

Se refiere a la fabricación de barandales y defensas, ya sea con ángulo o con tubular, así como de los perfiles necesarios para ventanería, puertas y cancelas de aluminio, estos se habilitarán en el taller fuera de obra haciendo dos marcos completos.

AC.- Plafones.

Se refiere a la colocación de falso plafón tanto de tablaroca en hojas de 4' x 8', como de hojas de poliestireno de 2' x 4'; para el primero se realizarán los trabajos correspondientes de habilitado del barrote para clavar la tablaroca en su lugar; para el segundo se suspenderá la herrería de la losa para así colocar las hojas. Tanto el falso plafón de tablaroca como el de las hojas de poliestireno quedará perfectamente nivelado, y se incluirán los cortes indispensables en las fronteras.

AD.- Pisos.

Incluye la colocación de pisos de loseta de barro en salas de exhibición y pasillos con un adhesivo especial y así evitar el posible agrietamiento de la loseta. Se realizarán dentro de esta actividad todos los cortes necesarios para un buen terminado de piso. Se suministrará en esta etapa el concreto para pisos así como también se hará el martelinado. El concreto se realizará en obra en revolvedoras de 1 saco de capacidad.

AE.- Vidrios en ventanas, puertas y cancelas.

Incluye el suministro del vidrio ya cortado a las medidas que se requieren, así como la colocación de este en su lugar correspondiente. Se harán los trabajos necesarios para la fabricación y colocación de algún andamio que se necesitará para poner los vidrios que lo requieran.

Se tendrá en esta actividad la precaución de dejar las preparaciones necesarias para poder colgar andamios y garantizar la fácil limpieza de los vidrios.

AF.- Colocación de lámparas.

Se refiere a la colocación de lámparas en falso plafón, así como de aquellas que tienen su iluminación a lugares específicos de las futuras figuras del museo o pinturas. Las lámparas exteriores que iluminarán el museo, se colocarán en esta etapa también, incluyendo la conexión de todas estas.

AG.- Colocación de accesorios hidrosanitarios.

Incluye la colocación de accesorios de baño como son: W.C., lavamanos, toalleros, jaboneras, llaves de jardín, cola--

deras, así como la colocación de botiquines y de portatoallas - desechables.

AH.- Sistema de seguridad.

En esta actividad se harán los trabajos correspondientes a la colocación del sistema de alarmas en todos los vidrios de - puertas y ventanas. Se colocarán alarmas en las chapas de todas las puertas que tengan acceso directo del exterior a las salas - de exhibición. Se tendrá la posibilidad de colocar un sistema de alarma adicional para hacerlo en general más eficiente y este sistema puede ser un circuito cerrado de video con sus cámaras - colocadas estratégicamente dentro del museo.

AI.- Pintura.

Se realizarán los trabajos correspondientes al pintado de la herrería con una pintura anticorrosiva y con un cepillado perfecto antes de la colocación de esta, se pintarán marcos y - muros que así lo requieran, todos los plafones serán pintados dentro de esta actividad, así como los tímpanos y faldones.

AJ.- Limpieza.

Se realizará la limpieza de toda la obra, con esto se - quiere decir limpieza de ventanas, pisos, paredes, y cualquier pequeño detalle que se tenga que realizar para poder entregar la obra. Muchas de las veces cuando se da por recibido algún concepto de obra posteriormente sufre algún daño por el movimiento dentro de esta, precisamente en esta etapa deberemos de solucionar todos estos detalles.

IV.2 ASIGNACION DE RECURSOS Y TIEMPOS.

Una cuantificación correcta en las cantidades de los volúmenes de obra, así como la consideración de rendimientos que se acerquen lo más posible a la realidad, harán un hecho el que se obtengan recursos y tiempos acertados, con lo cual ya los problemas en obra serán mucho menores con respecto a la sobra o falta de personal o material.

La cuantificación en los volúmenes de obra podemos decir que es algo objetivo con lo cual estamos trabajando, y si lo realizamos con el debido cuidado no tendremos ningún problema. Sin embargo en la obtención de rendimientos es un poco diferente ya que cuenta mucho la experiencia para poder inferir correctamente sobre ellos.

Respetando lo anteriormente dicho procederemos a indicar los recursos y tiempos en mano de obra.

A.- Firma del contrato.

Esta actividad es muy importante ya que a través de la aceptación o firma del contrato damos inicio a la obra, sin embargo nos interesa únicamente la fecha de inicio y terminación de esta actividad.

B.- Limpieza del terreno al 50%.

Personal: 1 cabo
8 peones

Maquinaria: 1 motoconformadora
CAT-120
1 Trascavo CAT-955

Tiempo: 3 días

Rendimiento de maquinaria y personal

$$90 \times 90 = 8100 \text{ m}^2$$

$$R = 1350 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$\frac{8100}{2} = 4050 \text{ m}^2$$

$$d = \frac{4050 \text{ m}^2}{1350 \text{ m}^2/\text{día}} = 3 \text{ días}$$

C.- Limpieza del terreno al 100%.

Personal: 1 cabo
8 peones

Maquinaria: 1 motoconformadora
CAT-120
1 Traxcavo CAT-955

Tiempo: 3 días

$$\text{Area} = 4050 \text{ m}^2$$

$$\text{Rendimiento} = 1350 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$d = \frac{4050}{1350} = 3 \text{ días}$$

D.- Trazo y nivelación al 50%.

Personal: 1 Ingeniero Topógrafo
1 Auxiliar de Topógrafo
4 Cadeneros
1 Peón

Tiempo: 2 días

$$\text{Rendimiento} = 2025 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$d = \frac{4050}{2025} = 2 \text{ días}$$

E.- Trazo y nivelación al 100%.

Personal: 1 Ingeniero Topógrafo
 1 Auxiliar de Topógrafo
 4 Cadeneros
 1 peón

Tiempo: 2 días $d = \frac{4050}{2025} = 2 \text{ días}$

F.- Excavación para cimentación al 50%.

Personal: 1 cabo Maquinaria: 1 retroexcavadora
 10 ayudantes LC-80

El personal es para la afinación del fondo y taludes de la excavación.

Tiempo = 6 días Volumen a excavar = 1000m³

El rendimiento de personal y maquinaria es de aprox.

21 m³/hora

$$\frac{1000 \text{ m}^3}{168 \text{ m}^3/\text{día}} = 6 \text{ días}$$

21 x 8 = 168 m³/día

G.- Excavación para cimentación al 100%.

Personal: 1 cabo Maquinaria: 1 retroexcavadora
 10 ayudantes LC-80

Tiempo: 6 días Volumen = 1000 m³

Rendimiento = 21 m³/hora

21 x 8 = 168 m /día 1000 m³/168 m³/día = 6 días

H.- Acero en zapatas y dados.

Personal: 1 cabo
 10 oficiales ferreros
 20 ayudantes

duración = 10 días

Acero por habilitar = 30 T Rendimiento de una cuadrilla = 300 kg/día

1 cuadrilla = 1 oficial
 2 ayudantes

10 cuadrillas

Rendimiento = 300 x 10 = 3000 kg/día

$\frac{30000 \text{ kg}}{3000 \text{ kg/día}} = 10 \text{ días}$

I.- Colado de zapatas y dados. (Concreto premezclado)

Personal: 1 cabo
 Colado 2 oficiales albañiles
 7 peones

Personal: 1 cabo
 Cimbra 16 oficiales carpinteros
 32 ayudantes

duración = 10 días

Colado:

V = 270 m³

Rendimiento = 27 m³/día

$$\frac{270 \text{ m}^3}{27 \text{ m}^3/\text{día}} = 10 \text{ días}$$

Carpintería :

$270 \text{ m}^3 \times 6 \text{ m}^2/\text{m}^3 = 1620 \text{ m}^2$ Rendimiento = $10 \text{ m}^2/\text{día}$
por cuadrilla

$$\frac{1620 \text{ m}^2}{10 \text{ días}} = 162 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$\frac{162 \text{ m}^2/\text{día}}{10 \text{ m}^2/\text{día}} = 16 \text{ cuadrillas}$$

J.- Acero de refuerzo en muros y columnas.

Personal: 2 cabos
33 oficiales fierreros
66 ayudantes

Personal: 1 oficial plomero
Instalaciones 2 ayudantes plomeros
1 oficial eléctrico
2 ayudantes elect.

duración = 6 días

Acero = 100 T Rendimiento = 500 kg/cuadrilla

Si empleáramos 33 cuadrillas

$500 \times 33 = 16500 \text{ kg/día}$

$$\frac{100 \ 000 \text{ kg}}{16500 \text{ kg/día}} = 6 \text{ días}$$

K.- Firmes de concreto en planta baja, (Concreto premezclado).

Personal : 1 cabo
2 oficiales albañiles
7 peones

Personal: 1 oficial plomero
Instalaciones 2 ayudantes plomeros
1 oficial eléctrico
2 ayudantes eléctricos

duración = 8 días

Area = 6400 m² espesor losa = 0.12 m

Rendimiento personal = 100 m³/día
albañilería

V = 6400 x 0.12 = 768 m³

$\frac{768 \text{ m}^3}{100 \text{ m}^3/\text{día}} = 7.68 \text{ días} = 8 \text{ días}$

L.- Colado de muros y columnas. (Concreto premezclado)

Personal: 1 cabo
colado 2 oficiales albañiles
7 peones

Personal: 1 cabo
cimbra 40 carpinteros
80 ayudantes

duración = 10 días

Colado:

$$V = 1000 \text{ m}^3$$

$$\text{Rendimiento} = 100 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\frac{1000 \text{ m}^3}{100 \text{ m}^3/\text{día}} = 10 \text{ días}$$

Cimbrado:

$$1000 \text{ m}^3 \times 4 \text{ m}^2/\text{m}^3 = 4000 \text{ m}^2$$

$$\text{Rendimiento} = 10 \text{ m}^2/\text{día}$$

cuadrilla

$$\frac{4000 \text{ m}^2}{10 \text{ días}} = 400 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$\frac{400 \text{ m}^2/\text{día}}{10 \text{ m}^2/\text{día}} = 40 \text{ cuadrillas}$$

LL.- Muros de tabique.

Personal: 8 oficiales
colocación 16 ayudantes

Personal: 1 oficial plo-
mero
Instala- 2 ayudantes plo-
ciones meros
1 oficial eléc-
trico
2 ayudantes
eléctricos

$$\text{área} = 700 \text{ m}^2$$

$$\text{Rendimiento} = 6 \text{ m}^2/\text{día}$$

cuadrilla

8 cuadrillas

$$6 \times 8 = 48 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$\frac{700 \text{ m}^2}{48 \text{ m}^2/\text{día}} \approx 15 \text{ días}$$

M.- Acero en traves y losas.

Personal: 2 cabos
25 oficiales fierreros
50 ayudantes

Personal: 1 oficial plomero
 Instalaciones 2 ayudantes plomeros
 1 oficial eléctrico
 2 ayudantes eléctricos

duración = 8 días

Acero = 150 T Rendimiento = 750 kg/día
 cuadrilla

Con 25 cuadrillas 750 x 25 = 18750 kg/día

$\frac{150\ 000\ \text{kg}}{18750\ \text{kg/día}} = 8\ \text{días}$

N.- Concreto armado en cadenas y castillos.

Personal : 1 cabo
 7 oficiales
 14 ayudantes

(habilitado de acero, cimbra y colado)

Rendimiento = 7 m³/día
 cuadrilla

duración = 12 días

Castillos + Cadenas = 560 m³ 560x0.15x0.15 = 12.6 m³

Con 7 cuadrillas

7 x 7 = 49 m³/día $\frac{560\ \text{m}^3}{49\ \text{m}^3/\text{día}} = 12\ \text{días}$

P.- Colado en trabes y losas. (Concreto premezclado)

Personal: 1 cabo
colado 2 oficiales albañiles
7 peones

Personal: 2 cabos
cimbra 12 oficiales carpinteros
24 ayudantes

duración = 10 días

Colado:

$$V = 1250 \text{ m}^3$$

$$\text{Rend/cuadrilla} = 65 \text{ m}^3/\text{día}$$

Con 2 cuadrillas

$$65 \times 2 = 130 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\frac{1250 \text{ m}^3}{130 \text{ m}^3/\text{día}} = 9.6 \approx 10 \text{ días}$$

$$\text{Cimbra: } 0.80 \times 0.60 = 0.48 \quad \frac{1}{0.48} = 2.083$$

$$(0.80+0.60+0.80) 2.083 = 4.58$$

$$125 \text{ m}^3 \times 4.58 \text{ m}^2/\text{m}^3 = 572.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Rend/cuadrilla} = 5 \text{ m}^2/\text{día}$$

Con 12 cuadrillas $5 \times 12 = 60 \text{ m}^2/\text{día}$

$$\frac{572.5 \text{ m}^2}{60 \text{ m}^2/\text{día}} = 9.54 \approx 10 \text{ días}$$

Q.- Estructura de acero.

Personal: 3 cortadores Maquinaria: 4 plantas de
 4 soldadores soldar
 1 grúa 60 T.

duración = 48 días

R.- Prefabricados: Estos elementos tipo T T se mandarán a fabricar en planta y lo que tomaremos en consideración en mano de obra será la colocación de las mismas, así como el colado de la capa de compresión. La empresa se compromete a partir de firmado el contrato a entregar las piezas en 20 días.

Personal: 1 cabo
 2 oficiales albañiles
 7 peones
 4 maniobristas

Maquinaria: 1 grúa de 60 T.

duración = 60 días

área = 4800 m²

Colocación:

Cantidad de trabes = 192 Rend/cuad = 10 piezas/día

$$\frac{192}{10} = 19.2 \approx 20 \text{ días}$$

Colado:

$$4800 \text{ m}^3 \times 0.05 = 240 \text{ m}^3$$

$$\frac{240 \text{ m}^3}{12 \text{ m}^2/\text{día}} = 20 \text{ días}$$

20 días de colado.

Con 20 cuadrillas de 1 oficial, 5 peones.

$20 \times 25 = 500 \text{ m}^2/\text{día}$

$\frac{4800}{500} = 9.6 \approx 10 \text{ días}$

X.- Carpintería en general.

Personal: 4 oficiales carpinteros
4 ayudantes carpinteros

duración = 42 días

Y.- Obras exteriores.

Personal: 1 oficial para afinar
4 peones para afinar
2 oficiales albañiles → drenaje
4 peones albañiles
4 jardineros

Maquinaria: 1 motoconformadora

duración = 20 días

Z.- Acabados en muros:

Personal: 6 oficiales
18 ayudantes
8 colocadores corev.

duración = 24 días

Aplanado con mezcla = 2000 m^2

$$\text{Rend/cuad} = 15 \text{ m}^2/\text{día}$$

Con 6 cuadrillas

1 oficial
3 ayudantes

$$15 \times 6 = 90 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$\frac{2000 \text{ m}^2}{90 \text{ m}^2/\text{día}} = 22.22 \approx 24 \text{ días}$$

Aplanado con pasta = 2000 m²

$$\frac{2000}{24} = 83 \text{ m}^2/\text{día}$$

Rend/cuad. = 40 m²/día
(2 colocadores)

$$\frac{83 \text{ m}^2/\text{día}}{40 \text{ m}^2/\text{día}} = 2.075$$

2 cuadrillas 2x4 = 8 colocadores

AA.- Lambrines de azulejo.

Personal: 8 colocadores
16 ayudantes

duración = 10 días

$$V = 400 \text{ m}^2$$

$$\text{Rend/cuad.} = 5 \text{ m}^2/\text{día}$$

Con 8 cuadrillas

$$5 \times 8 = 40 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$\frac{400 \text{ m}^2}{40 \text{ m}^2/\text{día}} = 10 \text{ días}$$

AB.- Herrería tubular y colocación de aluminio.

Personal: 10 alumineros
3 oficiales herreros
2 ayudantes

duración = 20 días

AC.- Plafones.

Personal: 1 cabo
 10 colocadores
 10 ayudantes

duración = 24 días

Area = 4800 m² Rend/cuad. = 20 m²/día

Con 10 cuadrillas de 1 colocador con su ayudante.

20 x 10 = 200 m²/día $\frac{4800 \text{ m}^2}{200 \text{ m}^2/\text{día}} = 24 \text{ días}$

AD.- Pisos

Personal: 20 colocadores
 20 ayudantes
 1 cabo

duración = 24 días

Area = 4800 m² Rend/cuad. = 10 m²/día
 (1 colocador y
 5 ayudantes)

Con 20 cuadrillas

20 x 10 = 200 m²/día $\frac{4800 \text{ m}^2}{200 \text{ m}^2/\text{día}} = 24 \text{ días}$

AE.- Vidrios en ventanas, puertas y cancelas.

Personal : 6 colocadores
 6 ayudantes

duración = 12 días

AF.- Colocación de lámparas.

Personal: 2 electricistas
2 ayudantes

duración = 11 días

AG.- Colocación de accesorios hidrosanitarios.

Personal: 3 plomeros
3 ayudantes

duración = 10 días

AH.- Sistema de seguridad.

Por la naturaleza de esta actividad corresponde a gente capacitada en el ramo de sistemas de seguridad, el diseñar y colocar todas las alarmas que el museo necesite en caso de un posible robo. Esta empresa se compromete a entregar el sistema totalmente colocado en 18 días.

AI.- Pintura.

Personal: 23 pintores
10 ayudantes

duración = 15 días

área = 7000 m²

$$\frac{7000}{15} = 470 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$\frac{470 \text{ m}^2/\text{día}}{20 \text{ m}^2} = 23 \text{ pintores}$$

AJ.- Limpieza

Personal: 20 afanadoras
10 peones

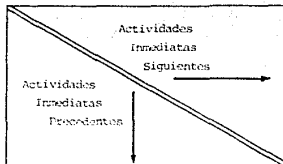
duración = 5 días

IV.3 MATRIZ DE SECUENCIAS Y PRECEDENCIAS.

En el capítulo III correspondiente al Método de la Ruta Crítica se menciona detalladamente la construcción y manejo de la Matriz de Secuencias y Precedencias, por lo que en esta etapa de nuestro trabajo ya habiendo descrito y asignado recursos y -- tiempos a cada una de nuestras actividades, estamos en condiciones de formar la matriz correspondiente a las actividades del -- proyecto del Museo la cual se presenta en la figura IV.3.1.

Si observamos detenidamente la matriz por un momento, y la analizamos, nos daremos cuenta lo sencillo que es visualizar de una manera global, la interdependencia entre unas y otras actividades, y como algunas de ellas son dependientes de más de una actividad.

K A T E R I Z A D O D E P R E C E D E N C I A S Y S E C U E N C I A S .



	Contrato	Limpieza del terreno 50%	Limpieza del terreno 100%	Trazo y nivelación 50%	Trazo y nivelación 100%	Exc. para ciment. al 50%	Exc. para ciment. 100%	Acero en Zapatas y Bases	Colado en Zapatas y Bases	Acero Ref. en Naves y Col.	Filtros de Conc. Blanca B.	Soles de Tubaje	Acero en Tejas y Lomas	Conc. Armado en Col. y C.	Colado en Tejas y Lomas	Estructura de Acero	Prof. Fabricados	Precolados en Tumpicos	Instalaciones Hidroconmit.	Instalación Eléctrica	Acabados en Azotea	Carpintería en general	Obras exteriores	Acabados en Paredes	Lamparas de Acabado	Rejería Pab. y coloc. Al.	Pinturas	Piso	Vidrios en Ventanado	Parral y Cercado	Colocación de Terrapas	Coloc. Pav. Intercomunitar.	Sistema de seguridad	Puerta	Limpieza			
A	Contrato	X																																				
B	Limpieza del terreno al 50%		X																																			
C	Limpieza del terreno al 100%			X																																		
D	Trazo y nivelación al 50%				X																																	
E	Trazo y nivelación al 100%					X																																
F	Exc. para ciment. al 50%						X																															
G	Exc. para ciment. al 100%							X																														
H	Acero en Zapatas y Bases								X																													
I	Colado de Zapatas y Bases									X																												
J	Acero ref. en Naves y Col.										X																											
K	Filtros de Conc. Blanca B.											X																										
L	Soles de Tubaje												X																									
M	Acero en Tejas y Lomas													X																								
N	Conc. Armado en Col. y C.														X																							
O	Colado en Tejas y Lomas															X																						
P	Estructura de Acero																X																					
Q	Prof. Fabricados																	X																				
R	Precolados en Tumpicos																		X																			
S	Instalaciones Hidroconmit.																			X																		
T	Instalación Eléctrica																				X																	
U	Acabados en Azotea																					X																
V	Carpintería en general																						X															
W	Obras exteriores																							X														
X	Acabados en Paredes																								X													
Y	Lamparas de Acabado																									X												
Z	Rejería Pab. y coloc. Al.																										X											
AA	Pinturas																											X										
AB	Piso																												X									
AC	Vidrios en Ventanado																													X								
AD	Parral y Cercado																														X							
AE	Colocación de Terrapas																														X							
AF	Coloc. Pav. Intercomunitar.																															X						
AG	Sistema de seguridad																															X						
AH	Puerta																																X					
AI	Limpieza																																			X		

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM

Las formas que a continuación se presentan, son un formato tipo que se utiliza en algunas empresas para que la gente de campo aporte sus conocimientos sobre rendimientos y técnicas a utilizar en la ejecución de una actividad, y se puedan obtener tiempos estimados lo más certeros posibles, así como asegurar la participación de todo el personal en la etapa de planeación y programación de un proyecto, lo que nos asegura la ejecución de estos de manera óptima.

Como ejemplo del uso de estos formatos, tomamos dos actividades al azar (Muros de Tabique y Acero en Trabes y Losas) y las detallamos en las dos formas siguientes:

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:		PÁGINA No. 1/1					
AUTOR: Departamento de Planeación		FECHA: Julio de 1987.	MUNICIPIO: PROYECTO: MUSEO DE ANTHROPOLOGIA E HISTORIA DE TOLUCA				
RESPONSABLE DE LA ACTIVIDAD: Superintendente de Frente.		ENCARGADO DEL PROJ.: Residente de Obra	PROYECTO No.: MU-01				
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD: Muros de Tabique.		No. ACTIVIDAD: LL	VERSIÓN No.: 1				
DURACIÓN: 15 días	FECHA MAS PROXIMA DE INICIACIÓN: Sept. 5	FECHA MAS PROXIMA DE TERMINACIÓN: Sept. 23	QUE REEMPLAZA A LA VERSIÓN:				
REQUISITOS DE RECURSOS Y SUS COSTOS (Miles)							
FUENTE DE LOS RECURSOS	RECURSO (CÓDIGO)	RECURSOS NORMATIVOS		PRECIO UNITARIO		C. S. E. Y G.	
		PLANEADO	REAL	PLANEADO	REAL	PLANEADO	REAL
Propios	Oficiales de albanilería.	120		20		2400	
Propios	Ayudantes de albanilería.	240		12		2880	
Propios	Oficial Plomero	15		20		300	
Propios	Of. Eléct.	15		20		300	
Propios	Ayudantes de plom. y eléc.	50		12		720	
COSTO DE LA ACTIVIDAD						6600	
RESULTADOS ESPERADOS DE LA ACTIVIDAD:							
Se espera que cada cuadrilla rinda un promedio de 6 m ² /jornal,							
para poder cumplir con un volumen de 700 m ² en 15 días hábiles de trabajo.							
DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTOS, MÉTODOS Y TÉCNICAS A USAR:							
Se incluye el suministro del material, colocación de tabiques							
cuatrapeados, juntado con mortero de arena-cemento 1:3, se dejarán							
listos para recibir aplomado, perfilados y pasta corey donde se indique. Se harán los trabajos necesarios para la renovación que solicitará la ductería correspondiente a las instalaciones hidrosanitarias y eléctricas.							
CONTINUA EN PAGINA:							
AUTORIZACIÓN: Ing. Rojalito Gómez G.							
(Fecha y Firma): 1 ^o Julio de 1987.							

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD:				PÁGINA No. 1/1			
AUTOR: Depto. Planeación y Control		FECHA: Julio 87		NOMBRE DEL PROYECTO: Museo de Antropología e Historia			
RESPONSABLE DE LA ACTIVIDAD: Subprefecto de Fronto		ENCARGADO DEL PROJ.: Residente de Obra		PROYECTO No. MU-01			
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD: Acero, Traves y Losas.				No. ACTIVIDAD: ("H")			
DURACION: 8 días				FECHA MAS PROXIMA DE INICIACION: Sept. 15		FECHA MAS PROXIMA DE TERMINACION: Sept. 24	
				VERSION No.: 1			
				QUE REEMPLAZA A LA VERSION:			
NECESIDADES DE RECURSOS Y SUS COSTOS							
FUENTE DE LOS RECURSOS	RECURSO (NOMBRE)	RECURSOS NECESARIOS		PRECIO UNITARIO		COSTO TOTAL	
		PLANEADO	REAL	PLANEADO	REAL	PLANEADO	REAL
Propios	Oficial Ferrero	200		20		4'000	
Propios	Ayte. Ferrero	400		20		8'000	
Propios	Oficial Plomero	8		20		160	
Propios	Of. Electrico	8		20		160	
Propios	Ayte. Plomero	15		12		194	
Propios	Ayte. Electrico	15		12		194	
Propios	Cabo	8		30		240	
Jornales						COSTO DE LA ACTIVIDAD	
						12'948	
RESULTADOS ESPERADOS DE LA ACTIVIDAD:							
El rendimiento propuesto es el de 18,750 kg/Jor. para ejecutar en 8 días hábiles los 150,000 kg de proyecto.							
DESCRIPCION DE PROCEDIMIENTOS, METODOS Y TECNICAS A USAR:							
Por ser los diámetros de las varillas comprendidas entre 1" y 3/8" (estribos) no se emplearía soldadura por lo que se habilitará el acero en patio y posteriormente se acarreará, elevará y armará en su sitio por el método tradicional. Debido al uso de curado a vapor se deberán hacer las preparaciones y refuerzos que para las juntas de colado se contemplan en el proyecto.							
CONTINUA EN SIGUIENTE							
				AUTORIZACION: Ing. Carlos Brito P. (fecha y firma) Julio de 1987.			

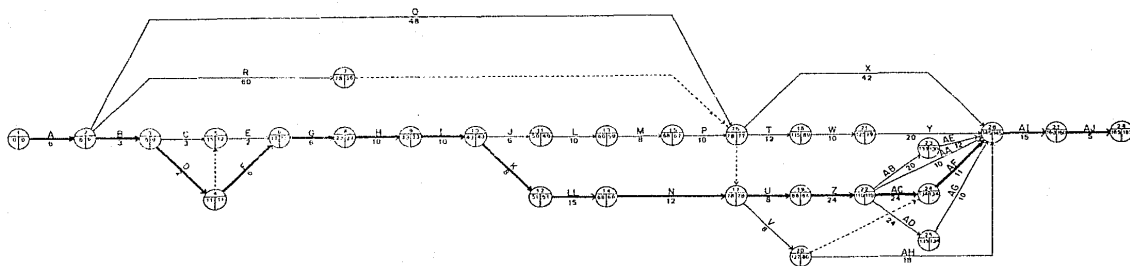
IV.4 DIAGRAMA DE FLECHAS.

El Diagrama de Flechas correspondiente a las actividades del Museo se presenta en la figura IV.4..1. La construcción de este Diagrama de Flechas se basó simultáneamente en la parte teórica del subcapítulo III.3, así como en la descripción, asignación de tiempos y recursos y la Matriz de Secuencias y Precedencias. La palabra "simultáneamente" anteriormente utilizada, es con la intención de que el lector tenga en consideración que en el subcapítulo IV.1 en el cual se describen las actividades del proyecto existen actividades de menor importancia implícitas dentro de otras actividades que afectan la interdependencia en el Diagrama de Flechas.

En el evento No. 28 que es el último de nuestra red, se puede leer la cantidad de días hábiles que tardará nuestro proyecto y que son 165, también tenemos la duración, tiempos de inicio de cada una de las actividades. Gráficamente la Ruta Crítica queda definida a través de las líneas de mayor espesor, y las actividades ficticias a través de líneas discontinuas.

Todas aquellas actividades en las cuales se tenga que contratar especialistas en determinado ramo como son las actividades: estructura de acero (Q), prefabricados (R), vidrios en ventanas, puertas y cancelas (AE) y Sistema de Seguridad (AH), se tendrá la precaución de contratarlas a tiempo, como nos indica el Diagrama de Flechas, para evitar un futuro retraso.

DIAGRAMA DE FLECHAS



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNAM

TESIS PROFESIONAL "PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO DE ANTHROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA" PÁG. NÚM. IV.4.1

MAYO - 1983

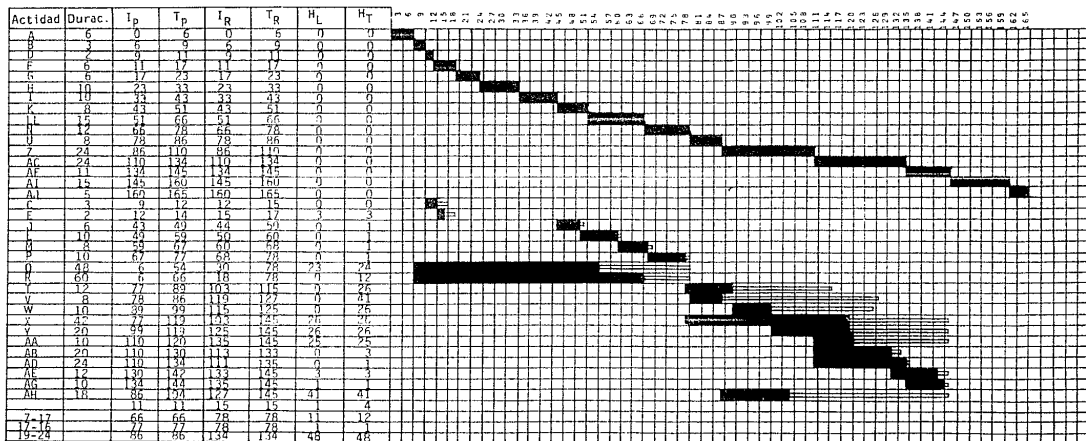
IV.5 DIAGRAMA DE BARRAS.

Una vez que tenemos el Diagrama de Flechas del proyecto, el siguiente paso es la definición del Diagrama de Barras que se presenta en la figura IV.5.1. El Diagrama de Barras contiene la misma información que el Diagrama de Flechas, sin embargo, es más común en obra la utilización del primero, debido a la facilidad con que se pueden leer todos los datos ya agrupados.

En el Diagrama de Barras tenemos los datos relativos al nombre de la actividad, duración, tiempo de iniciación más próximo (I_p), tiempo de terminación más próximo (T_p), tiempo de iniciación más remoto (I_r), tiempo de terminación más remoto (T_r), holgura libre (H_l) y holgura total (H_t). La Ruta Crítica abarca desde la actividad A hasta la AJ, lo que podemos leer en la primera columna del lado izquierdo (la holgura total la identificamos en el diagrama con dos líneas delgadas del lado derecho de las actividades que no son críticas). En la parte donde van las barras que representan a cada actividad, la ruta crítica es fácilmente identificable ya que no existe holgura entre cada una de ellas.

En la figura IV.5.2 hemos calendarizado las actividades del proyecto de acuerdo a su fecha de inicio y terminación bien definidas. Los días que se abarcan en este diagrama de barras corresponden claro a su duración, pero en términos de días laborales únicamente, es decir, no se toman en consideración los días que se tienen de descanso obligatorio.

DIAGRAMA DE BARRAS



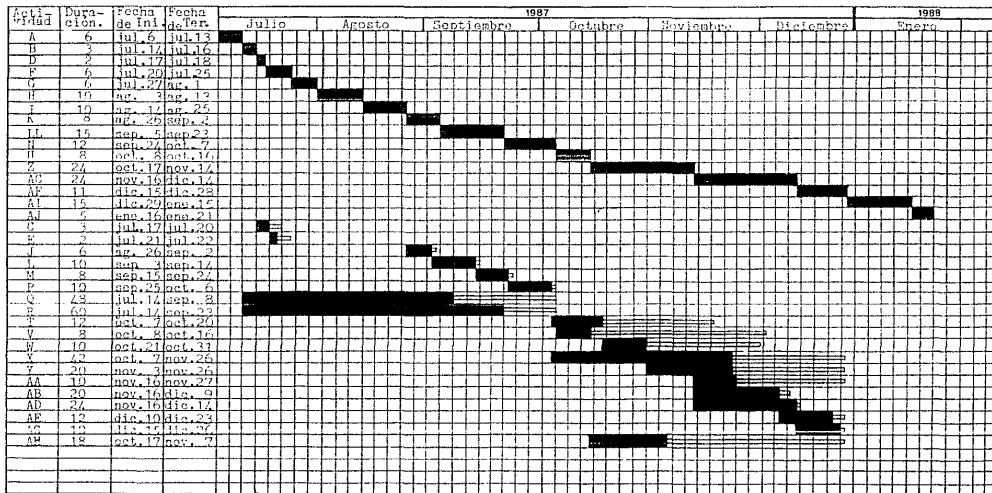
FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM

TESIS PROFESIONAL
MAYO - 1989

PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO
DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA

FMS. No.
IV.5.1

D I A G R A M A D E B A R R A S
(Calendarización)



**FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM**

TESIS PROFESIONAL " PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO DE ANTHROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA " FIG. No. IV.5.2

MAYO - 1989

CAPITULO V. OPTIMIZACION DE TIEMPOS Y RECURSOS

V. OPTIMIZACION DE TIEMPOS Y RECURSOS

Dentro de las bondades del Método de la Ruta Crítica, encontramos que también es posible ser utilizado como herramienta de control, ya que nos permite tomar las medidas correctivas necesarias (reprogramar), en caso de fallas en el avance físico de las obras o en la necesidad de acortar tiempos de ejecución, sin modificar el proceso constructivo. Para lograr ésta Reprogramación en tiempo se aplica el Método de Compresión de Redes, que es aplicable únicamente al Método de la Ruta Crítica, por - que precisamente a través de éste se generó.

En este capítulo se desarrolla el Método de Compresión de Redes como una herramienta confiable en la solución correcta del problema de Reprogramación, tanto para los casos de Reprogramación Total por Limitantes de Tiempo como para los casos de Reprogramación Parcial por problemas de avance de obra. Para el - caso nuestro, se ejemplificarán ambos casos y posteriormente se verá la aplicación directa al Proyecto del tema central del presente trabajo.

En el último subcapítulo se intenta resaltar la gran ayuda del Diagrama de Barras, en el manejo de recursos humanos para una buena administración de éstos en el desarrollo de la obra.

V.1 REPROGRAMACION TOTAL POR LIMITANTES DEL TIEMPO.

En este subcapítulo se hará una Reprogramación Total por Limitantes de Tiempo, ya que por causas ajenas a la compañía y, a solicitud personal del representante legal del cliente, se hace necesario terminar 34 días hábiles antes de la fecha de terminación pactada.

Para resolver el problema anterior, con el menor aumento de costo posible, aplicaremos la teoría expuesta en el III capítulo, con el nombre de Compresión de Redes.

De acuerdo con el cliente, se ha aceptado que el proceso constructivo presentado es el adecuado para asegurar la calidad del proyecto a realizar, por lo que procedemos a obtener el tiempo mínimo o duración de premura, con su consecuente aumento del costo en que cada actividad del proceso se puede ejecutar, estos datos se conjuntan en la Tabla de Duraciones y Costos (Tabla No. V.1.1) y se obtiene el costo por unidad de tiempo a acortar.

Del análisis de las actividades críticas del proceso llegamos a que es posible realizar la obra hasta en 51 días hábiles, antes de la fecha de terminación óptima, por lo que se decide aceptar el compromiso con el cliente.

Actividad Crítica	Días posibles de acortar
1-2	0
2-3	2
3-4	1
4-6	2
6-8	2
8-9	3
9-10	3
10-12	2
12-14	3
14-17	4
17-19	2
19-22	6
22-24	6
24-26	7
26-27	5
27-28	3

Total: =
= 51 días

TABLA DE DURACIONES Y COSTOS

	ACTIVIDAD	Dn	Dp	MILES		PESOS/DIA
				Cn	Cp	
* A	1-2	6	6	Indirect.	Indirect.	
* B	2-3	3	3	2,046	2,046	
R	2-7	60	40	61,380	79,920	927
O	2-16	48	30	33,360	33,360	
C	3-5	3	1	2,046	2,046	
* D	3-4	2	1	228	228	
E	5-6	2	1	228	228	
* F	4-6	6	4	3,540	3,760	110
* G	6-8	6	4	3,540	3,760	110
* H	8-9	10	7	4,700	6,580	627
* I	9-10	10	7	1,740	2,380	213
J	10-11	6	4	9,072	12,096	1512
* K	10-12	6	6	1,712	2,568	428
L	11-13	10	7	19,460	27,244	2595
* LL	12-14	15	12	7,050	8,460	470
M	13-15	8	6	9,984	13,104	1560
* N	14-17	12	8	4,036	5,408	338
P	15-16	10	7	7,140	9,996	952
T	16-18	12	8	24,312	31,656	1836
X	16-26	42	30	6,636	9,480	237
* U	17-19	8	6	752	846	47
V	17-20	8	6	1,296	1,358	81
W	18-21	10	10	12,600	12,600	
* Z	19-22	24	18	8,784	13,176	732
AH	20-26	18	10	8,100	10,530	203
Y	21-26	20	15	7,360	8,240	176
AB	22-23	20	15	15,000	18,000	600
* AC	22-24	24	18	13,920	18,270	725
AD	22-25	24	18	27,840	36,540	1450
AA	22-26	10	8	3,820	4,584	382
AE	23-26	12	6	4,440	5,328	148
* AF	24-26	11	4	1,020	1,360	170
AG	25-26	10	5	1,260	1,575	63
* AT	26-27	15	10	13,050	17,400	870
* AJ	27-28	5	2	1,200	1,440	52
	SUMAS:			322,672	407,667	

* Actividades Críticas

FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM

TESIS PROFESIONAL
MAYO - 1989

PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO
DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA*

TABLA
V. 1.1

Compresión de la red.-1a. Compresión

De la tabla de duraciones y costos y de acuerdo con el criterio económico, se toma la actividad crítica (2-3), por que no nos representa ningún aumento del costo, reducir los 2 días posibles.

Fecha de terminación buscada = $165 - 34 = 131$ días.

ACTIVIDADES	COMPRESIONES	OPERACIONES	AUMENTO DE COSTO (miles de pesos)	DURACION ACORTADA
2-3	1a. 2 días	0 x 2	0	$165 - 2 = 163$

Haciendo el recálculo de la red, ésta quedaría como la Fig. V.1.2.

-2a. Compresión

Siguiendo el criterio de la primer compresión, se toma la actividad (3-4) y se reduce hasta su duración de premura.

ACTIVIDADES	COMPRESIONES	OPERACIONES	AUMENTO DE COSTO (miles de pesos)	DURACION ACORTADA
2-3	1a. 2 días	0 x 2	0	$165 - 2 = 163$
3-4	2a. 1 día	0+(0x1)	0	$163 - 1 = 162$

Se muestra en la Fig. V.1.3, la red, después de hacer el

recálculo.

3a. Compresión.

De las actividades críticas se toma la de menor costo - por unidad de tiempo que es la (17-19) y se reduce a su duración de premura que son 6 días.

ACTIVIDADES	COMPRESIONES	OPERACIONES	AUMENTO DE COSTO (miles de pesos)	DURACION ACORTADA
2-3	1a. 2 días	0×2	0	$165 - 2 = 163$
3-4	2a. 1 día	$0 + (0 \times 1)$	0	$163 - 1 = 162$
17-19	3a. 2 días	$0 + (47 \times 2)$	94	$162 - 2 = 160$

Recálculando la red, ésta quedaría como se muestra en la Fig. V.1.4.

4a. Compresión.

Se comprime la actividad (27-28) hasta su duración de premura (2 días).

ACTIVIDADES	COMPRESIONES	OPERACIONES	AUMENTO DE COSTO (miles de pesos)	DURACION ACORTADA
2-3	1a. 2 días	0×2	0	$165 - 2 = 163$
3-4	2a. 1 día	$0 + (0 \times 1)$	0	$163 - 1 = 162$
17-19	3a. 2 días	$0 + (47 \times 2)$	94	$162 - 2 = 160$
27-28	4a. 3 días	$94 + (3 \times 80)$	334	$160 - 3 = 157$

Se recalcula la red, y ésta queda como la Fig. V.1.5.

5a. Compresión.

Se comprime la actividad (6-8) hasta su duración de premura (4 días).

ACTIVIDADES	COMPRESIONES	OPERACIONES	AUMENTO DE COSTO (miles de pesos)	DURACION ACORTADA
2-3	1a. 2 días	0×2	0	$165 - 2 = 163$
3-4	2a. 1 día	$0 + (0 \times 1)$	0	$163 - 1 = 162$
17-19	3a. 2 días	$0 + (47 \times 2)$	94	$162 - 2 = 160$
27-28	4a. 3 días	$94 + (3 \times 80)$	334	$160 - 3 = 157$
6-8	5a. 2 días	$334 + (2 \times 110)$	554	$157 - 2 = 155$

Se hace el recálculo y queda como la red mostrada en la Fig. V.1.6.

6a. Compresión.

Se comprime la actividad (4-6) en 2 días lo que hace que aparezcan 2 rutas críticas.

ACTIVIDADES	COMPRESIONES	OPERACIONES	AUMENTO DE COSTO (miles de pesos)	DURACION ACORTADA
2-3	1a. 2 días	0×2	0	$165 - 2 = 163$
3-4	2a. 1 día	$0 + (0 \times 1)$	0	$163 - 1 = 162$
17-19	3a. 2 días	$0 + (47 \times 2)$	94	$162 - 2 = 160$
27-28	4a. 3 días	$94 + (3 \times 80)$	334	$160 - 3 = 157$
6-8	5a. 2 días	$334 + (2 \times 110)$	554	$157 - 2 = 155$
4-6	6a. 2 días	$554 + (2 \times 110)$	774	$155 - 2 = 153$

Después de recalcular la red en 2 ocasiones, se llega a la mostrada en la Fig. V.1.7.

7a. Compresión.

La actividad (24-26), no es posible reducirla en los 7 días permisibles, pues nos crearía una ruta crítica distinta a la original, por lo que únicamente se reducirá en un día, con lo cual no tenemos problemas aunque aparece una ruta crítica más.

ACTIVIDADES	COMPRESIONES	OPERACIONES	AUMENTO DE COSTO (miles de pesos)	DURACION ACORTADA
2-3	1a. 2 días	0×2	0	$165 - 2 = 163$
3-4	2a. 1 día	$0 + (0 \times 1)$	0	$163 - 1 = 162$
17-19	3a. 2 días	$0 + (47 \times 2)$	94	$162 - 2 = 160$
27-28	4a. 3 días	$94 + (3 \times 80)$	334	$160 - 3 = 157$
6-8	5a. 2 días	$334 + (2 \times 110)$	554	$157 - 2 = 155$
4-6	6a. 2 días	$554 + (2 \times 110)$	774	$155 - 2 = 153$
24-26	7a. 1 día	$774 + (1 \times 170)$	944	$153 - 1 = 152$

Después de recalcular la red, ésta quedaría como la mostrada en la Fig. V.1.8.

8a. Compresión.

Se comprime la actividad (9-10) hasta su duración de premura 7 días.

ACTIVIDADES	COMPRESIONES	OPERACIONES	AUMENTO DE COSTO (miles de pesos)	DURACION ACORTADA
2-3	1a. 2 días	0×2	0	$165 - 2 = 163$
3-4	2a. 1 día	$0 + (0 \times 1)$	0	$163 - 1 = 162$
17-19	3a. 2 días	$0 + (47 \times 2)$	94	$162 - 2 = 160$
27-28	4a. 3 días	$94 + (3 \times 80)$	334	$160 - 3 = 157$
6-8	5a. 2 días	$334 + (2 \times 110)$	554	$157 - 2 = 155$
4-6	6a. 2 días	$554 + (2 \times 110)$	774	$155 - 2 = 153$
24-26	7a. 1 día	$774 + (1 \times 170)$	944	$153 - 1 = 152$
9-10	8a. 3 días	$944 + (3 \times 213)$	1583	$152 - 3 = 149$

Se recalcula la red y queda como la que se muestra en la Fig. V.1.9.

9a. Compresión.

Acortaremos la actividad (14-13) en un día para no afectar la ruta crítica original y se nos forma una ruta crítica más.

ACTIVIDADES	COMPRESIONES	OPERACIONES	AUMENTO DE COSTO (miles de pesos)	DURACION ACORTADA
2-3	1a. 2 días	0×2	0	$165 - 2 = 163$
3-4	2a. 1 día	$0 + (0 \times 1)$	0	$163 - 1 = 162$
17-19	3a. 2 días	$0 + (47 \times 2)$	94	$162 - 2 = 160$
27-28	4a. 3 días	$94 + (3 \times 80)$	334	$160 - 3 = 157$
6-8	5a. 2 días	$334 + (2 \times 110)$	554	$157 - 2 = 155$
4-6	6a. 2 días	$554 + (2 \times 110)$	794	$155 - 2 = 153$
24-26	7a. 1 día	$774 + (1 \times 170)$	944	$153 - 1 = 152$
9-10	8a. 3 días	$944 + (3 \times 213)$	1583	$152 - 3 = 149$
14-17	9a. 1 día	$1583 + (1 \times 338)$	1921	$149 - 1 = 148$

Se recalcula la red, y queda como la que se muestra en la Fig. Y.1.10.

10 a. Compresión.

Haciendo un análisis de la actividad (24-26), vemos que es necesario acortar también las actividades (25-26) y (23-26), además detectamos que la actividad (25-26) únicamente se puede acortar en 5 días, por lo que será éste el número de días a acortar.

Para justificar la decisión mostraremos las siguientes operaciones y comparación del resultado con el costo de la actividad (10-12), que es la siguiente de menos costo de las actividades críticas.

24-26	5 días x costo p/unidad de tiempo = 5 x \$170 = \$ 850
25-26	5 días x costo p/unidad de tiempo = 5 x \$ 63 = \$ 315
23-26	3 días x costo p/unidad de tiempo = 3 x \$148 = \$ 444
	<u>\$1609</u>

$$\frac{\text{Costo Total}}{\text{Días acort.}} = \frac{\$1609}{5} = \$322 = \text{Costo p/unidad de tiempo acortado}$$

$$\$322 < \$428 \text{ de la actividad (10-12)}$$

Se decide acortar las actividades (24-26), (25-26) y (23-26).

ACTIVIDADES	COMPRESIONES	OPERACIONES	AUMENTO DE COSTO (miles de pesos)	DURACION ACORTADA
2-3	1a. 2 días	0×2	0	$165 - 2 = 163$
3-4	2a. 1 día	$0 + (0 \times 1)$	0	$163 - 1 = 162$
17-19	3a. 2 días	$0 + (47 \times 2)$	94	$162 - 2 = 160$
27-28	4a. 3 días	$94 + (3 \times 80)$	334	$160 - 3 = 157$
6-8	5a. 2 días	$334 + (2 \times 110)$	554	$157 - 2 = 155$
4-6	6a. 2 días	$554 + (2 \times 110)$	774	$155 - 2 = 153$
24-26	7a. 1 día	$774 + (1170)$	944	$153 - 1 = 152$
9-10	8a. 3 días	$944 + (3 \times 213)$	1583	$152 - 3 = 149$
14-17	9a. 1 día	$1583 + (1 \times 338)$	1921	$149 - 1 = 148$
24-26	10a. 5 días	$1921 + (5 \times 170)$	2771	$148 - 5 = 143$
25-26	5 días	$2771 + (5 \times 63)$	3086	
23-26	3 días	$3086 + (3 \times 148)$	3530	

Se recalcula la red y queda como la que se muestra en la Fig. V.1.11.

11a. Compresión.

Las actividades de (8-9) no es posible bajarla en más de 1 día, pues nos crearía una ruta crítica distinta a la original, por lo que la comprimiremos únicamente 1 día.

ACTIVIDADES	COMPRESIONES	OPERACIONES	AUMENTO DE COSTO (miles de pesos)	DURACION ACORTADA
2-3	1a. 2 días	0×2	0	$165 - 2 = 163$
3-4	2a. 1 día	$0 + (0 \times 1)$	0	$163 - 1 = 162$
17-19	3a. 2 días	$0 + (47 \times 2)$	94	$162 - 2 = 160$
27-28	4a. 3 días	$94 + (3 \times 80)$	334	$160 - 3 = 157$
6-8	5a. 2 días	$334 + (2 \times 110)$	554	$157 - 2 = 155$
4-6	6a. 2 días	$554 + (2 \times 110)$	774	$155 - 2 = 153$
24-26	7a. 1 día	$774 + (1 \times 170)$	944	$153 - 1 = 152$
9-10	8a. 3 días	$944 + (3 \times 213)$	1583	$152 - 3 = 149$
14-17	9a. 1 día	$1583 + (1 \times 338)$	1921	$149 - 1 = 148$
24-26	10a. 5 días	$1921 + (5 \times 179)$	2771	$148 - 5 = 143$
25-26	5 días	$2771 + (5 \times 73)$	3086	
23-26	3 días	$3086 + (3 \times 148)$	3530	
8-9	11a. 1 día	$3530 + (1 \times 627)$	4157	$143 - 1 = 142$

Se recalcula la red y queda como la que se muestra en la Fig. V.1.12.

12a. Compresión.

Comprimiremos la actividad (19-22) hasta su duración de premura, a 18 días.

ACTIVIDADES	COMPRESIONES	OPERACIONES	AUMENTO DE COSTO (miles de pesos)	DURACION ACORTADA
2-3	1a. 2 días	0 x 2	0	165 - 2 = 163
3-4	2a. 1 día	0+(0x1)	0	163 - 1 = 162
17-19	3a. 2 días	0+(47x2)	94	162 - 2 = 160
27-28	4a. 3 días	94+(3x80)	334	160 - 3 = 157
6-8	5a. 2 días	334+(2x110)	554	157 - 2 = 155
4-6	6a. 2 días	554+(2x110)	774	155 - 2 = 153
24-26	7a. 1 día	774+(1x170)	944	153 - 1 = 152
9-10	8a. 3 días	944+(3x213)	1583	152 - 3 = 149
14-17	9a. 1 día	1583+(1x338)	1921	149 - 1 = 148
24-26	10a. 5 días	1921+(5x170)	2771	148 - 5 = 143
25-26	5 días	2771+(5x63)	3086	
23-26	3 días	3086+(3x148)	3530	
8-9	11a. 1 día	3530+(1x627)	4157	143 - 1 = 142
19-22	12a. 6 días	4157+(6x732)	8549	142 - 6 = 136

Se recalcula la red y esta queda como en la Fig. V.1.13.

13a. Compresión.

En esta siguiente etapa comprimiremos la actividad - - (26-27) en 5 días, con lo cual se logrará la fecha buscada.

ACTIVIDADES	COMPRESIONES	OPERACIONES	AUMENTO DE COSTO (miles de pesos)	DURACION ACORTADA
2-3	1a. 2 días	0 x 2	0	165 - 2 = 163
3-4	2a. 1 día	0+(0x1)	0	163 - 1 = 162
17-19	3a. 2 días	0+(47x2)	94	162 - 2 = 160
27-28	4a. 3 días	94+(3x89)	334	160 - 3 = 157
6-8	5a. 2 días	334+(2x110)	554	157 - 2 = 155
4-6	6a. 2 días	554+(2x110)	774	155 - 2 = 153
24-26	7a. 1 día	774+(1x170)	944	153 - 1 = 152
9-10	8a. 3 días	944+(3x213)	1583	152 - 3 = 149
14-17	9a. 1 día	1583+(1x338)	1921	149 - 1 = 148
24-26	10a. 5 días	1921+(5x170)	2771	148 - 5 = 143
25-26	5 días	2771+(5x63)	3086	
23-26	3 días	3086+(3x148)	3530	
8-9	11a. 1 día	3530+(1x627)	4157	143 - 1 = 142
19-22	12a. 6 días	4157+(6x732)	8549	142 - 6 = 136
26-27	13a. 5 días	8549+(5x870)	12899	136 - 5 = 131

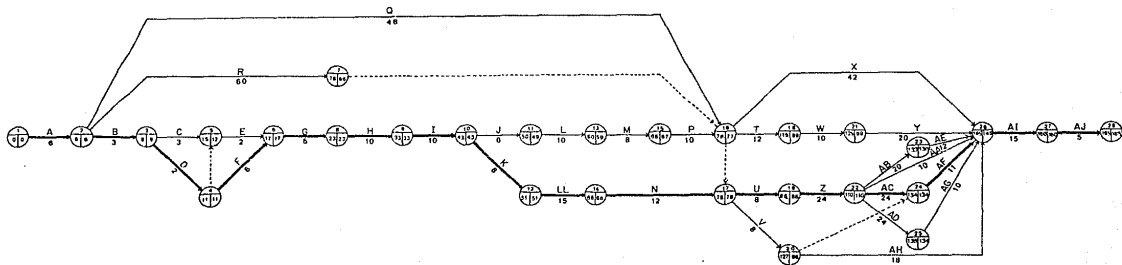
Como podemos ver en ésta última compresión, llegamos a la fecha buscada (131 días) con un sobre costo directo de ----- \$12'899,000.00 y una nueva red con su consecuente tabla de holguras, información que nos servirá para el control de la ejecución física del proyecto analizado (Figs.V.1.14 y V.1.15).

V.2 REPROGRAMACION PARCIAL POR CONTROL DE AVANCE DE OBRA.

Con objeto de ilustrar la reprogramación parcial por medio del método de compresión de redes, desarrollaremos el siguiente caso.

Vamos a suponer que el programa de trabajo de acuerdo al proceso constructivo propuesto para la ejecución física del proyecto, que nos lleva a una duración óptima de 165 días, es aceptado.

DIAGRAMA DE FLECHAS



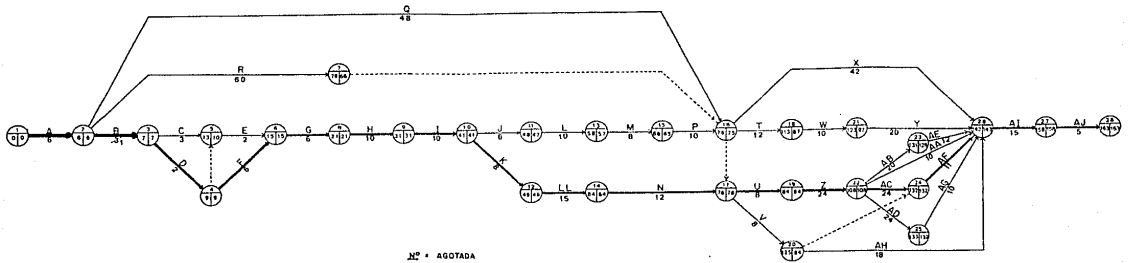
FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM

TESIS PROFESIONAL PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO DE ANTHROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA FIG. No. 1

MAYO - 1987

Y. I. I.

DIAGRAMA DE FLECHAS

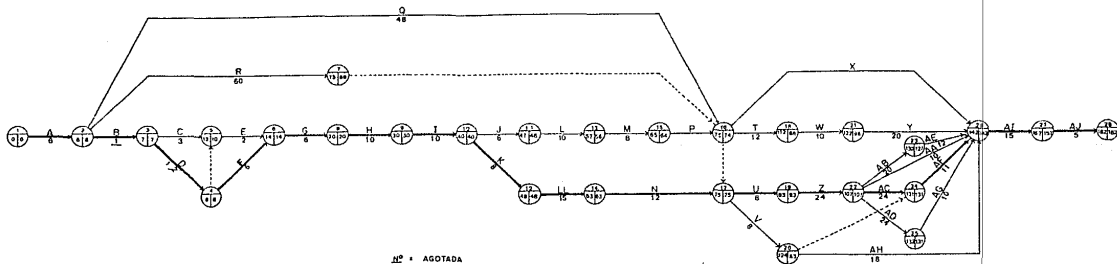


Nº • AGOTADA

RTL • REPROGRAMACION TOTAL POR LIMITANTE DE TIEMPO 1º COMPRESION

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM		
TESIS PROFESIONAL	PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO DE ANTHROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA	FIG. Nº
MAYO - 1989		V. I. 2

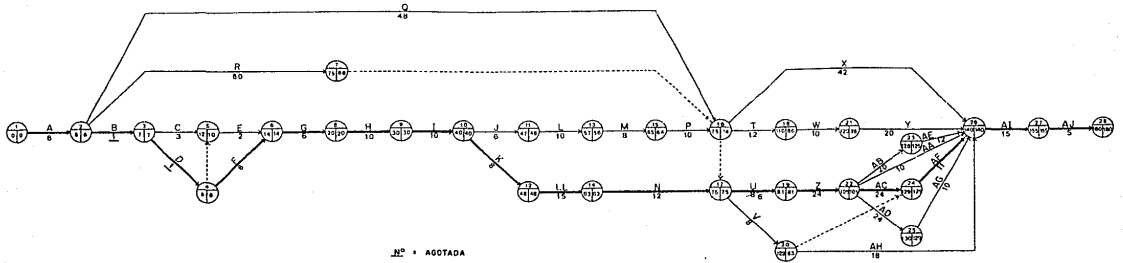
DIAGRAMA DE FLECHAS



RTL - 2da COMPRESION

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM		
TESIS PROFESIONAL	PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA	FIG. No. V. 1.3
MAYO - 1989		

DIAGRAMA DE FLECHAS

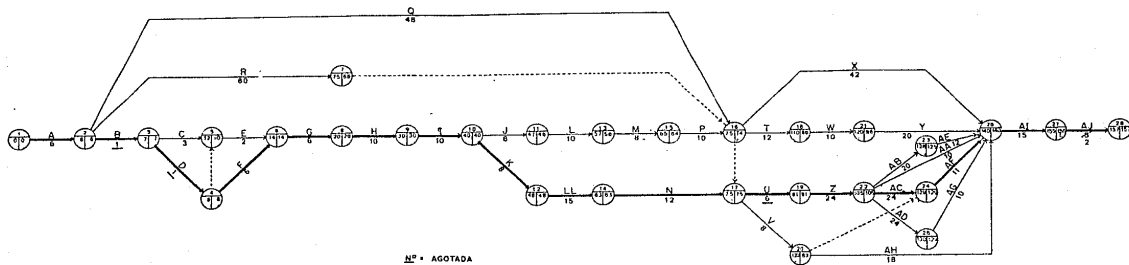


Nº 49

RTL - 3ª COMPRESION

<p>FACULTAD DE INGENIERIA UNAM</p>		
<p>TESIS PROFESIONAL</p>	<p>PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO DE ANTHROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA</p>	<p>FIG. Nº. V. I. 4</p>
<p>MAYO - 1969</p>		

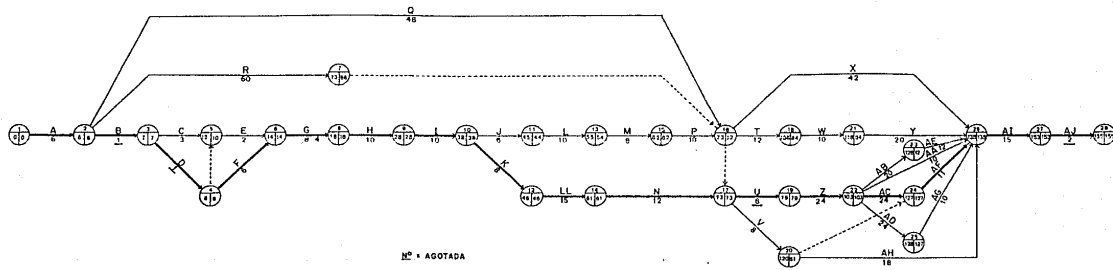
DIAGRAMA DE FLECHAS



FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM

TESIS PROFESIONAL	PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA	FIG. No.
MAYO - 1989		V. 1.5

DIAGRAMA DE FLECHAS



RTL - 5ª COMPRESION

FACULTAD DE INGENIERÍA

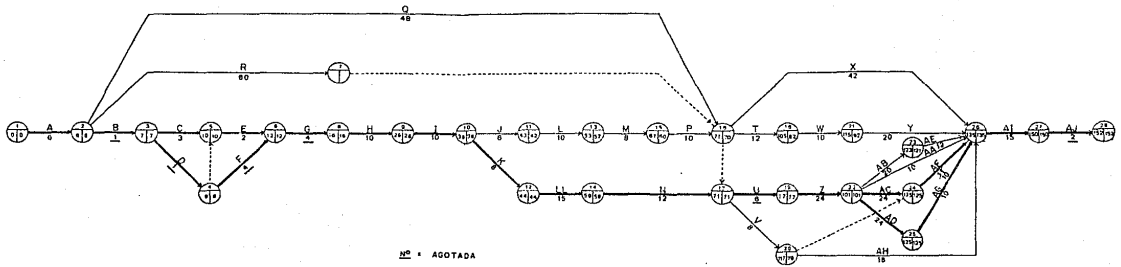
UNAM

TESIS PROFESIONAL
MAYO - 1989

PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO
DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA

FIG. Nº
V. I. 6

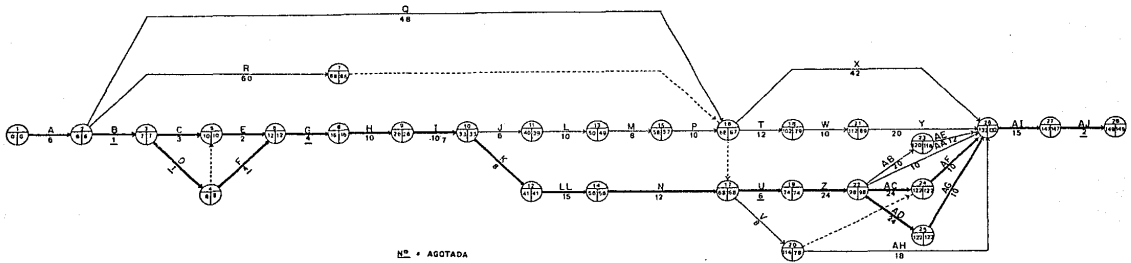
DIAGRAMA DE FLECHAS



RTL - 7a COMPRESION

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM		
TESIS PROFESIONAL	PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA	PRO. No. V. I. 8
MAYO - 1989		

DIAGRAMA DE FLECHAS

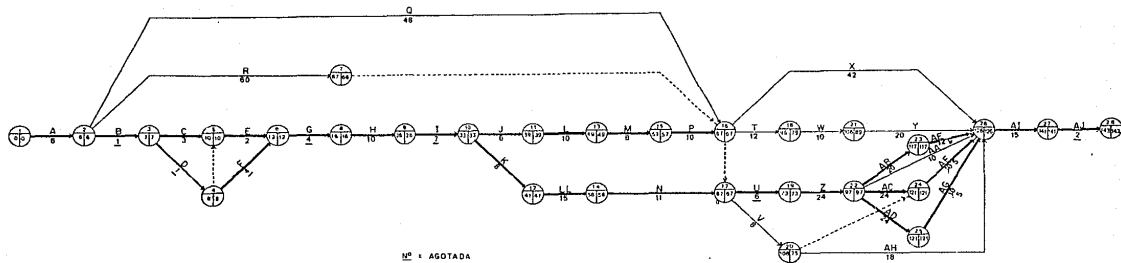


RTL - 8a COMPRESION

FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM

TESIS PROFESIONAL	PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO	PO No
MAYO - 1988	DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA	V. 1.9

DIAGRAMA DE FLECHAS

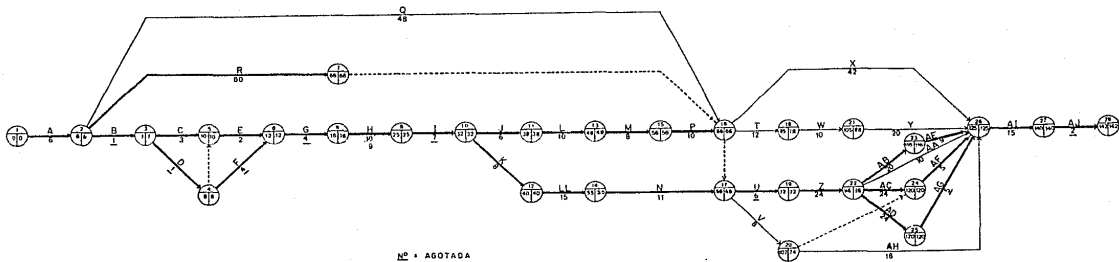


№ • AGOTADA

RTL - 100 COMPRESION

FACULTAD DE INGENIERIA		
UNAM		
TESIS PROFESIONAL	PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO	FIG. No.
MAYO - 1983	DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA	V. I. II

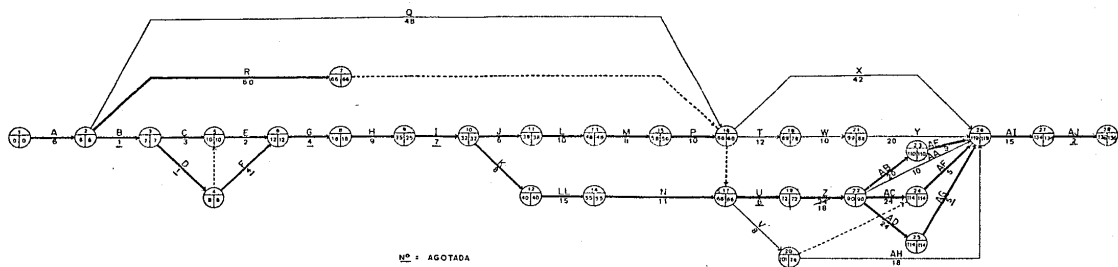
DIAGRAMA DE FLECHAS



RTLT - 11a COMPRESION

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM		
TESIS PROFESIONAL	PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA	FOLIO NO. V. 1. 12
MAYO - 1985		

DIAGRAMA DE FLECHAS



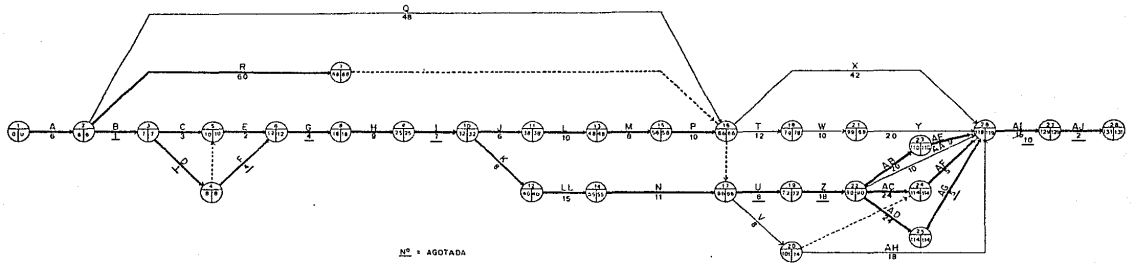
Nº • AGOTADA

RTL - 12 α COMPRESION

FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM

TESIS PROFESIONAL MAYO - 1989	PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA	PAG. No. V. 1.13
----------------------------------	--	---------------------

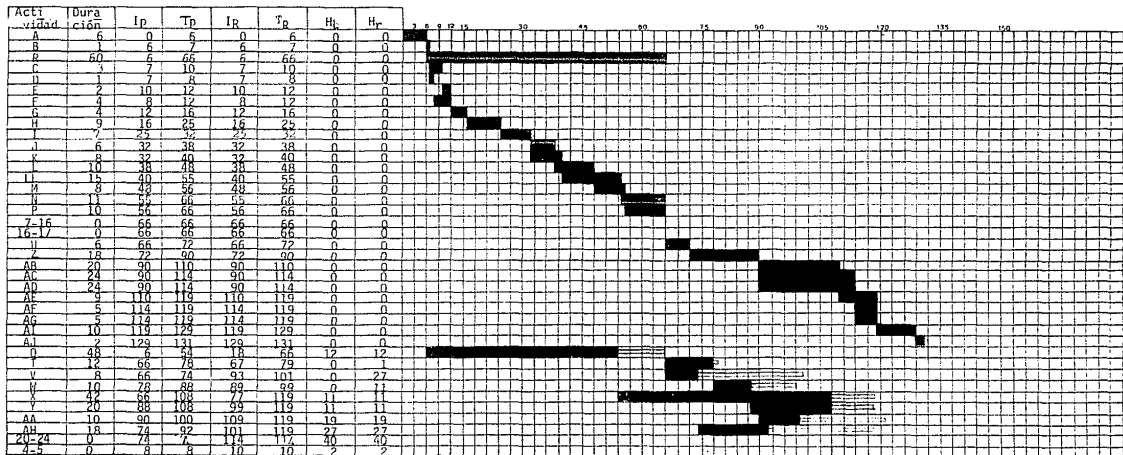
DIAGRAMA DE FLECHAS



REPROGRAMACION TOTAL POR LIMITANTE DE TIEMPO

FACULTAD DE INGENIERIA		
UNAM		
TESIS PROFESIONAL	PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO	Pg. No.
MAYO - 1989	DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA	V.1.15

REPROGRAMACION TOTAL POR LIMITANTE DE TIEMPO



FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM

TESIS PROFESIONAL "PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO DE ANTHROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA" FIG. No. MAYO - 1989 V. I. 15

do por el cliente, por lo que se firma el contrato comprometiéndonos a terminar en la fecha pactada y con una cláusula en donde se estipulan fuertes sanciones en caso de que no cumplamos con ésta.

Aproximadamente a los 77 días de trabajo efectivo, después de los cuales de acuerdo al programa de trabajo aprobado, deberíamos de estar terminando la parte estructural del proyecto y a simple vista se puede observar que esto no es cierto, por lo que se solicita un informe de avance físico real que nos permita comparar los resultados obtenidos con el avance programado, para verificar el cumplimiento de éste o en caso contrario tomar las medidas correctivas más convenientes

Informe de Avance Físico Real.

Después de haber concluido con 77 días hábiles de labores, el informe de la obra es el siguiente (Fig. V.2.1):

Con el informe de avance, hacemos una proyección de las fechas de terminación más probables de las actividades que no estén cubiertas al 100% y con estas recalculamos la red a partir de las actividades incompletas.

Proyección de fechas de terminación más probable.

- Actividad 2-7
 Días de trabajo 77 - 13 = 64
 % de avance = 90 %

$$\frac{90}{100} = \frac{64}{x}$$

$$x = \frac{64 \times 100}{90} = 71$$

Fecha de terminación más temprana 13 + 71 = 84

ACTIVIDAD	DIA DE INICIO DE ACT.	3	15	30	45	60	% DE AVANCE
1-2	0						100
2-3	7						100
2-7	11						90
2-16	13						100
3-5	12						100
3-4	12						100
5-6	15						100
4-6	15						100
6-8	21						100
8-9	28						100
9-10	38						100
10-11	48						100
10-12	48						100
11-13	57						100
12-14	58						100
13-15	67						100
14-17	74						20
15-16	75						20

FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM

TESIS PROFESIONAL
MAYO - 1989

PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO
DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA

FIG. No.
V.2.1.

- Actividad 14-17

Días de trabajo 77 - 74 = 3

% de avance = 20 %

$$\frac{20}{100} = \frac{3}{x}$$

$$x = \frac{3 \times 100}{20} = 15$$

Fecha de terminación más temprana 74 + 15 = 89

- Actividad 15-16

Días de trabajo 77 - 75 = 2

% de avance = 20 %

$$\frac{20}{100} = \frac{2}{x}$$

$$x = \frac{2 \times 100}{20} = 10$$

Fecha de terminación más temprana 75 + 10 = 85

Como podemos observar de la nueva red, el proyecto se ha retrasado con respecto a la fecha inicial por un lapso de 11 días (176-165) = 11.

Se procede a tomar las medidas de corrección necesarias para hacer que el proyecto termine en la fecha señalada, lo cual se logra comprimiendo la red.

De ésta tabla escogemos de las actividades críticas, la de menor costo por unidad de tiempo acortada y realizamos la primer compresión.

1a. Compresión.

Realizaremos una primer compresión en la actividad (17-19) hasta en 2 días, para llegar a su duración mínima de 6 días.

ACTIVIDAD	COMPRESIONES	OPERACIONES	AUMENTO DE COSTO (miles de pesos)	DURACION ACORTADA
17-19	1a. 2 días	(2x47)	94	176 - 2 = 174

Se recalcula la red y queda como se muestra en la Fig. V.2.3. Comprobándose que no se altera la Ruta Crítica original.

2a. Compresión.

Se comprime la actividad (27-28) hasta en 3 días, dejando su duración en 2 días.

ACTIVIDAD	COMPRESIONES	OPERACIONES	AUMENTO DE COSTO (miles de pesos)	DURACION ACORTADA
17-19	1a. 2 días	(2x47)	94	176 - 2 = 174
27-28	2a. 3 días	94+(3x80)	334	174 - 3 = 171

Se recalcula la red y queda como se muestra en el Fig. V.2.4. Comprobándose que no se altera la Ruta Crítica original.

3a. Compresión.

La siguiente actividad a comprimir es la (24-26) con un costo de 170 unidades por día,

De la tabla de duraciones y costos vemos que ésta actividad es posible comprimir la los 6 días que necesitamos para llegar a los 165 días de duración, pero de un rápido análisis de la red nos damos cuenta que si hacemos ésto, se nos forma una ruta crítica distinta a la original, por lo que únicamente comprimirnos en un día ésta actividad.

ACTIVIDAD	COMPRESIONES	OPERACIONES	AUMENTO DE COSTO (miles de pesos)	DURACION ACORTADA
17-19	1a. 2 días	(2x47)	94	176 - 2 = 174
27-28	2a. 3 días	94+(3x80)	334	174 - 3 = 171
24-26	3a. 1 día	334+(1x170)	504	171 - 1 = 170

Se recalcula la red y queda como se muestra en la Fig. (V.2.5). Comprobando que no se altera la ruta original y que se origina una ruta crítica más.

4a. Compresión.

Para poder seguir comprimiendo la actividad (24-26) es necesario comprimir también alguna de las actividades de la nueva ruta crítica originada. Comparando costos entre las 2 actividades posibles (22-25) y (25-26), escogemos comprimir la actividad (25-26) por su menor costo.

Ya seleccionada la actividad que nos conviene comprimir junto con la actividad (24-26), hacemos un análisis de cuanto nos cuesta comprimir esta actividad en un día.

Análisis de costo por día acortado.

Act. 24-26 1 x \$170 = \$ 170

Act. 25-26 1 x \$ 63 = \$ 63

\$ 233

El costo de \$233 que resulta por acortar la act. (24-26) en un día es menor que el costo de la act. (22-24) de \$725 que sería la act. siguiente a acortar de acuerdo al criterio económico, por lo que se decide acortar la act. (24-26) y (25-26) hasta 2 días.

ACTIVIDAD	COMPRESIONES	OPERACIONES	AUMENTO DE COSTO (miles de pesos)	DURACION ACORTADA
17-19	1a. 2 días	(2x47)	94	176 - 2 = 174
27-28	2a. 3 días	94+(3x80)	334	174 - 3 = 171
24-26	3a. 1 día	334+(1x170)	504	171 - 1 = 170
24-26	4a. 2 días	504+(2x233)	970	170 - 2 = 168
25-26	2 días			

Se recalcula la red y queda como se muestra en la Fig. (V.2.6). Comprobando que no se altera la ruta original, pero se forma una ruta crítica más, que se suma a las 2 ya existentes.

5a. Compresión.

Siguiendo sobre la act.(24-26), vemos que ahora se hace necesario comprimir tantas unidades en las rutas críticas paralelas como las que se compriman en la ruta crítica original.

En la compresión anterior vimos que era conveniente comprimir la act. (25-26) junto con la (24-26), pero en esta es también necesario comprimir alguna de las act. entre la (22-23) y (23-26) por lo que de acuerdo a la tabla de duraciones y costos es conveniente acortar la act. (23-26) por su menor costo.

Ya teniendo las actividades a comprimir, hacemos un análisis de costo por día acortado.

Act. 24-26	1 x \$ 170	= \$ 170
Act. 25-26	1 x \$ 63	= \$ 63
Act. 23-26	1 x \$ 148	= \$ 148
		<hr/>
		\$ 381

El costo obtenido anteriormente es menor al costo de la act. (22-24) de \$725 que sería la actividad siguiente a acortar de la ruta crítica original.

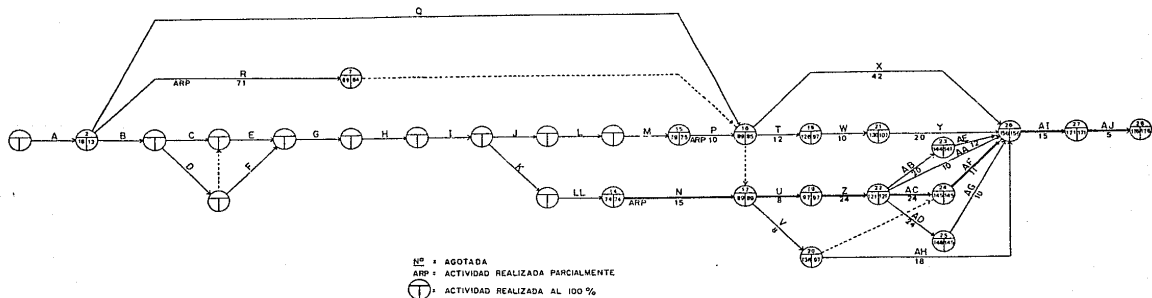
Tomando en cuenta la comparación anterior se decide seguir comprimiendo la act. (24-26) junto a sus actividades paralelas de las rutas críticas alternas.

Se comprimirán las act. (24-26), (25-26) y (23-26) hasta en 3 días con lo cual logramos llegar a la fecha buscada de 165 días.

ACTIVIDAD	COMPRESIONES	OPERACIONES	AUMENTO DE COSTO (miles de pesos)	DURACION ACORTADA
17-19	1a. 2 días	(2x47)	94	176 - 2 = 174
27-28	2a. 3 días	94+(3x89)	334	174 - 3 = 171
24-26	3a. 1 día	334+(1x170)	504	171 - 1 = 170
24-26	4a. 2 días	504+(2x233)	970	170 - 2 = 168
25-26	2 días			
24-26	5a. 3 días	970+(3x381)	2112	168 - 3 = 165
25-26	3 días			
23-26	3 días			

Recalculando la red, esta queda como se muestra en la - Fig. (V.2.7). Será esta última red con su correspondiente tabla de holguras (Fig. V.2.8), la herramienta que nos servirá para el control del tiempo de ejecución de la obra, de esta fecha (77 días), en adelante.

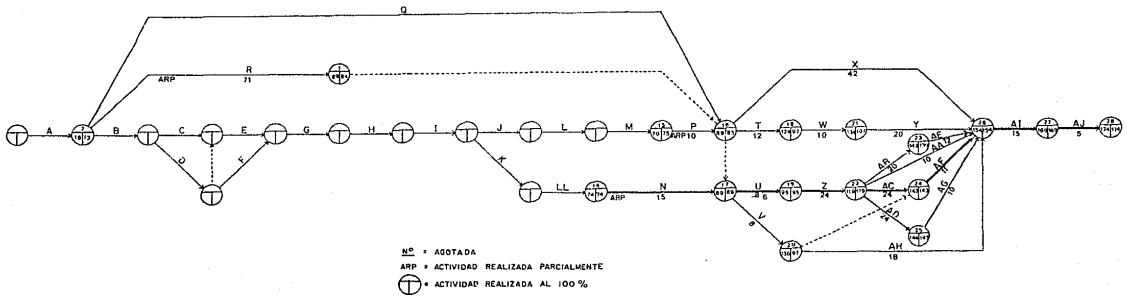
DIAGRAMA DE FLECHAS



RPAO = REPROGRAMACION PARCIAL POR AVANCE OBRA.

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM		
TESIS PROFESIONAL MAYO - 1989	PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA	P.º. No. V. 2. 2

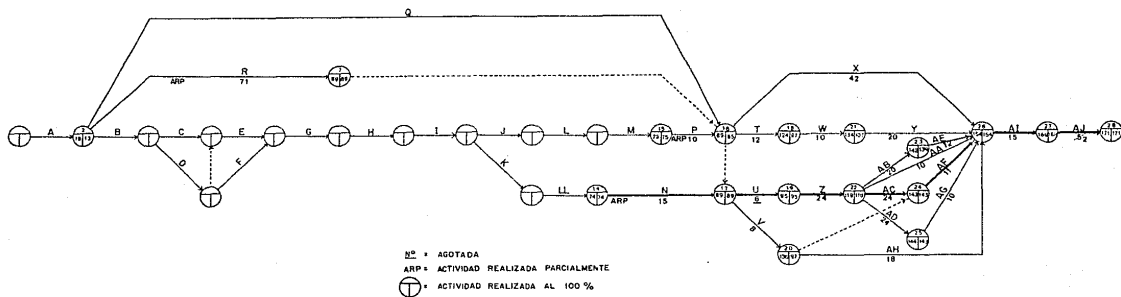
DIAGRAMA DE FLECHAS



RPAO - 1a COMPRESION

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM		
TESIS PROFESIONAL MAYO - 1989	PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA	FIG. No. V. 2. 3

DIAGRAMA DE FLECHAS

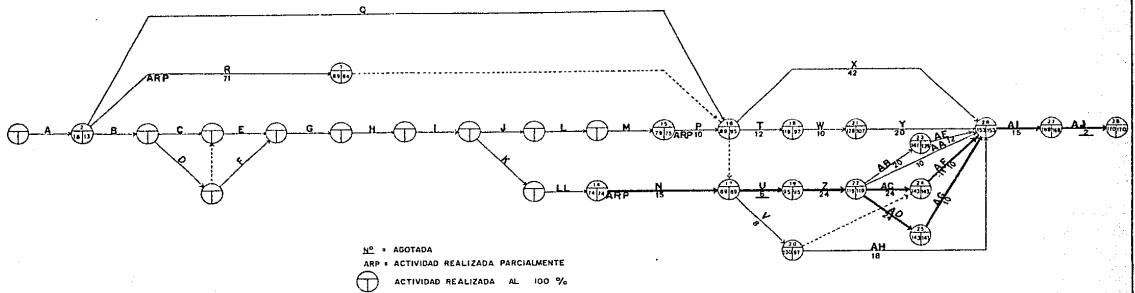


RPAO - 2ª COMPRESION

FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM

TESIS PROFESIONAL	PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO DE ANTHROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA	FIG. No.
MAYO - 1989		V. 2.4

DIAGRAMA DE FLECHAS

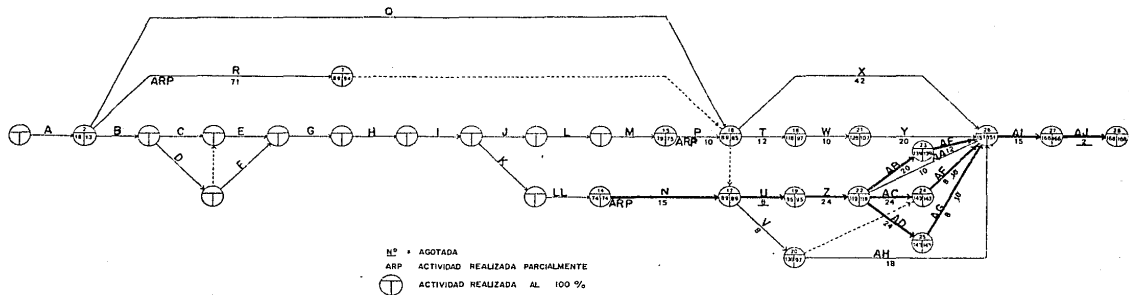


RPAQ - 3ª COMPRESION

FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM

TESIS PROFESIONAL	PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO DE ANTHROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA	FIG. No.
MAYO - 1969		V. 2.5

DIAGRAMA DE FLECHAS

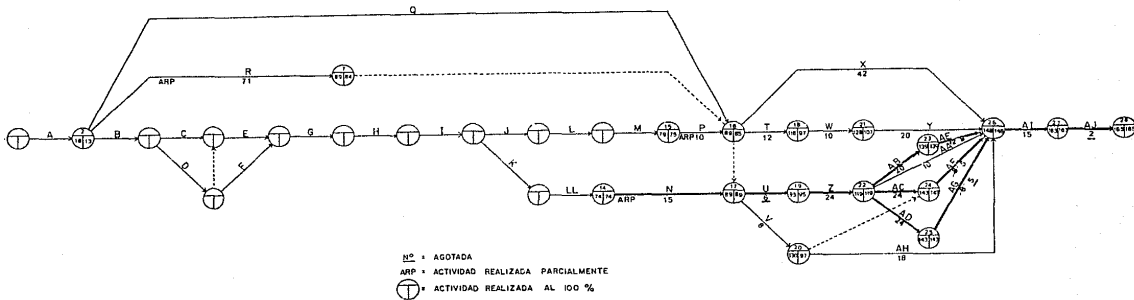


RPAO-4a COMPRESION

FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM

TESIS PROFESIONAL "PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO DE ANTOPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA" FIG. No. MAYO - 1989 V.2.6

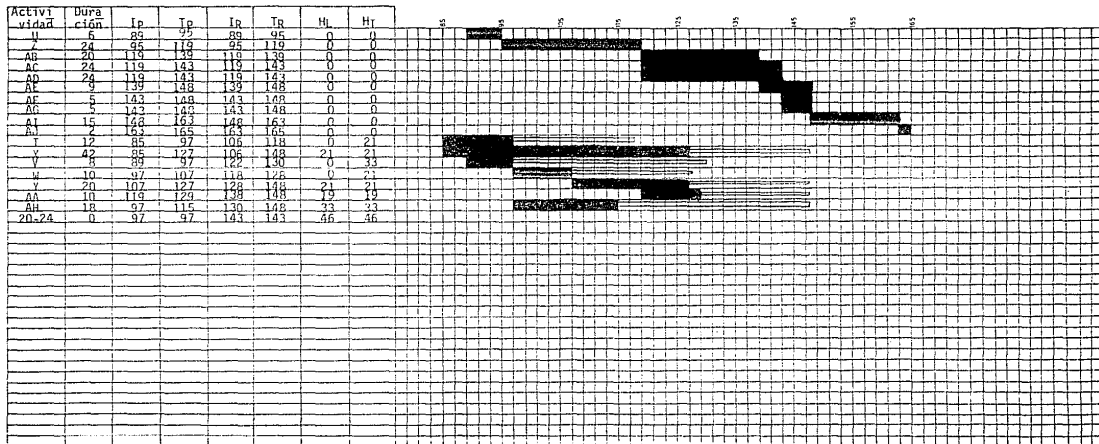
DIAGRAMA DE FLECHAS



REPROGRAMACION PARCIAL POR AVANCE DE OBRA

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM		
TESIS PROFESIONAL MAYO - 1989	PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA	FIG. No. V. 2. 7

TABLA DE HOLGURAS Y DIAGRAMA DE BARRAS CORRESPONDIENTES A LA REPROGRAMACION PARCIAL



FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM

TESIS PROFESIONAL "PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO DE ANTHROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA" FIG. No. V.2.8

MAYO - 1989

V.3 MANEJO DE RECURSOS A TRAVES DEL DIAGRAMA DE BARRAS.

En la figura V.3.1 se hace uso del Diagrama de Barras para el manejo de recursos, que en este caso se refiere al control del número de personas laborando en obra de tal manera que se logre que sea lo más uniforme posible a través de la ejecución de esta. Checando cada una de las actividades de nuestro proyecto nos damos cuenta de los diferentes oficios que tiene - cada cuadrilla que ya hemos designado para desempeñar determinado trabajo. El comentario anterior es para aclarar que para poder sumar el número de personas en nuestro diagrama tienen que ser trabajadores del mismo ramo, en el caso particular que nos ocupa se tomarán en consideración, el número de ayudantes. Por lo tanto se han vaciado en el diagrama de barras (figura V.3.1) el número de ayudantes que corresponde a cada actividad, previamente dibujadas a través de flechas y respetando su duración, tiempo de inicio más próximo, tiempo de terminación más próximo y su holgura. Para saber el personal que se va requiriendo durante el lapso de la obra lo único que hay que consultar en este momento es la sumatoria de personal que obtuvimos de cada una de las columnas. Lo que se trata es de visualizar también en este primer diagrama de barras, las variantes tan grandes - que tenemos en el número de personal y si tenemos a nuestro alcance la manera de darle una solución favorable.

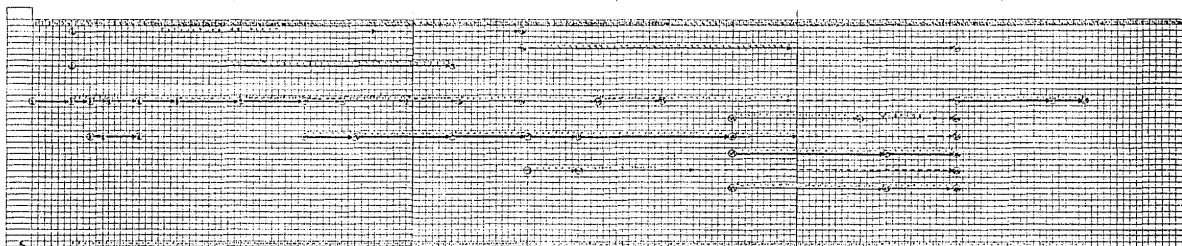
En la figura V.3.2 se presenta el segundo diagrama de - barras cuya sumatoria es ahora el resultado de haber recorrido una actividad que es la 22-26 que se refiere a las Obras Exteriores y que uniformiza el número de personal en un pequeño período de la obra. En nuestro caso la uniformización esta bastante limitada, por un lado tenemos aquellas actividades que cuentan con un número bastante grande de personal y que no tienen holgura o es demasiado pequeño como para poder aprovecharla,

y por el otro lado tenemos actividades que vamos a trabajar a destajo y no tenemos para que considerarlas aquí. De cualquier forma obtuvimos el diagrama de barras del manejo de personal para estar plenamente seguros de: 1ro. Qué número de gente se va a requerir en la obra y en qué momento. 2do. Había o no posibilidades de uniformizar el número de personal.

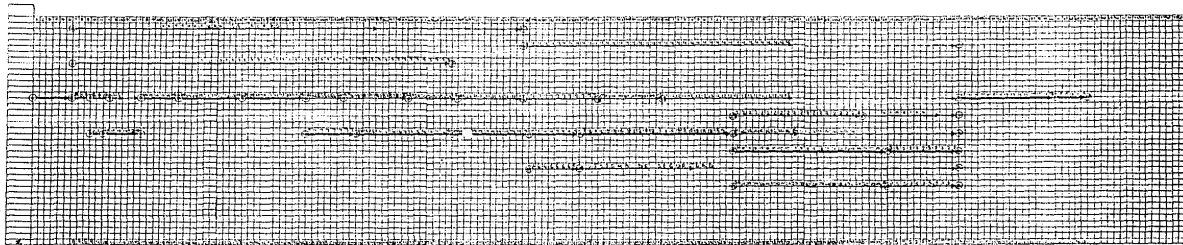
En la figura V.3.3 la utilización del diagrama de barras es para representar de una manera muy accesible la lectura de los gastos correspondientes a los recursos económicos en mano de obra. La repartición del costo total de cada una de las actividades se hizo en función del avance de estas en el tiempo, por un lado, y por el otro aquellas actividades en las cuales se debe adelantar un porcentaje del total.

En la gráfica V.3.3 se pueden leer ya los gastos desglosados de cada actividad, la suma de columnas nos dirá por semana el efectivo del cual requerimos e inmediatamente abajo de esta suma se encuentra la suma acumulada.

MANEJO DE RECURSOS A TRAVES DEL DIAGRAMA DE BARRAS
(PERSONAL)



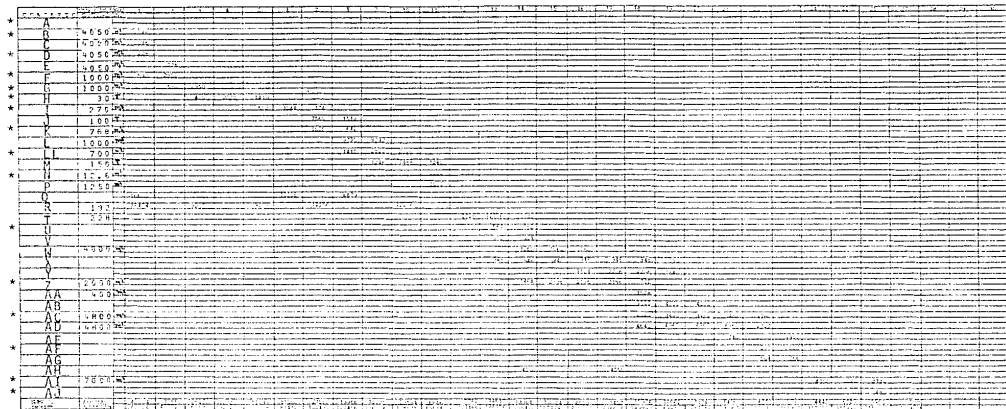
MANEJO DE RECURSOS A TRAVÉS DEL DIAGRAMA DE BARRAS
(PERSONAL)



D I A G R A M A D E B A R R A S

M A N E J O D E R E C U R S O S

(MILES DE PESOS)



* Actividades Críticas.

FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM

TESIS PROFESIONAL "PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL MUSEO DE ANTHROPOLOGIA E HISTORIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA" FIG. NO. V. 3.3

MAYO - 1989

CAPITULO VI. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

CAPITULO VI. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

VI. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Es evidente que en la actualidad las técnicas de análisis de tiempos y movimientos tienen un gran valor en el medio de la construcción, no sólo por su carácter informativo, sino también por los resultados que pueden obtenerse a través de su aplicación, ya que redundan en beneficios económicos.

El objetivo de este trabajo fue el de orientar en la aplicación práctica del Método de la Ruta Crítica y sus herramientas complementarias como sistema eficiente de control en la ejecución física de un proyecto, siempre y cuando se cuente con la información adecuada y la experiencia necesaria en procesos constructivos.

Del análisis de nuestro trabajo, se pueden deducir conclusiones muy interesantes, como el de comprender que el Método de la Ruta Crítica es una técnica muy usada en nuestro medio, que nos permite establecer entre otras cosas, el número y secuencia de actividades en que vamos a ordenar la obra y en base a los volúmenes por ejecutar y los recursos disponibles, la duración de cada una de estas actividades para, después de la aplicación de alguna o algunas técnicas algorítmicas obtener información relacionada con el costo y duración total del proyecto. Además de -- permitirnos estudiar el enlace, tiempo y costo de la ejecución de las actividades y tomar decisiones entre alternativas de diferente duración y costo, nos permite también conocer cuáles son las actividades que controlan el tiempo de duración de un proceso.

En conclusión consideramos al Método de la Ruta Crítica como un instrumento administrativo que se basa en un procedimiento sencillo y lógico, que nos sirve como herramienta de trabajo para una programación lógica y controlable y que las ventajas de una programación, los son tanto en la etapa de planeación como en la de control.

El utilizar el diagrama de barras como parte fundamental del manejo de la información obtenida de la aplicación del Método de la Ruta Crítica nos permite conocer los recursos para cualquier momento de la ejecución del proceso y analizar el efecto de cualquier situación imprevista y sus consecuencias en la duración total del proceso, además de permitirnos revisar periódicamente el avance de la obra; según lo programado mediante la calendarización de cada una de las actividades.

Lo más común cuando una obra se atrasa es que se aceleran todas las actividades del proceso constructivo, desperdiciando casi siempre recursos y material y mano de obra en actividades que no definen la duración del proceso. En este caso la ventaja de aplicar el Método de la Ruta Crítica, es que nos permite a la vez aplicar el Método de Compresión de Redes para poder optimizar tanto tiempo como recursos a través de una reprogramación, lo que nos asegura un eficiente aprovechamiento de estos.

Por último queremos comentar que a pesar de lo laborioso o tedioso que resulta el manejo del Método de la Ruta Crítica, - los resultados que pueden obtenerse compensan en gran medida el tiempo y el costo que se invierte para la aplicación de este. Así lo demuestra la utilización por algunas empresas, de formatos de descripción de actividades como el que se incluye en este trabajo, con la finalidad de obtener información real sobre rendimientos y técnicas utilizadas por las personas directamente involucradas en el proceso constructivo.

Debido a la crisis económica que afecta al país en estos momentos y en especial a la industria de la construcción, se tiene la imperiosa necesidad de contar con métodos de planeación, programación y control de procedimientos constructivos como lo es el Método de la Ruta Crítica que nos sirve de guía para asegurar el mejor aprovechamiento de los recursos disponibles y el cumplimiento del tiempo de ejecución requerido para la construcción de una obra. De la existencia de ellos y su aplicación correcta de

penderá que finalmente obtengamos éxito o fracaso en la ejecución de un proyecto de Ingeniería,

B I B L I O G R A F I A

BIBLIOGRAFIA

- Apuntes del curso "Programación y Control de Obras"
Ing. Oscar E. Martínez Jurado.
División de Educación Continua, 1988
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
- "Programación y Control del Proyecto Puente sobre
el Río Pitayo, B.C.S."
Tesis Profesional, 1988
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
- Métodos Modernos de Planeación y Programación.
Melchor Rodríguez Caballero, Sc. D.
Limusa - 1969
- Guía Turística del Estado de México.
Instituto Nacional de Estadística Geografía e
Informática.
- Introducción al Proceso Constructivo.
Apuntes del Departamento de Construcción.
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
- Método del Camino Crítico.
Catalytic Construction Company
Editorial Diana - 1970
- Apuntes de Ruta Crítica.
Departamento de Construcción.
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
- Control de Obras.
Tesis profesional Nancy Rigaud Téllez
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
México, D. F. 1987

- Métodos de Ruta Crítica en la Construcción de Edificios.

Ben Benson

Editorial Continental, México 1974