

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

71
201

FACULTAD DE INGENIERIA

LA RUTA CRITICA APLICADA AL PROGRAMA DE
CONSTRUCCION DEL MURO DE CONTENCION
EN TLACUITLAPA, DELEGACION ALVARO
OBREGON, DISTRITO FEDERAL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

ANGEL ERNESTO ORTEGA MATA



MEXICO, D. F.

260267

1998

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-I-064

SR. ANGEL ERNESTO ORTEGA MATA
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Ernesto R. Mendoza Sánchez, y que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de ingeniero civil.

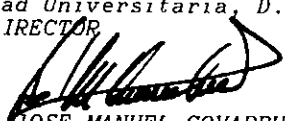
LA RUTA CRITICA APLICADA AL PROGRAMA DE CONSTRUCCION
DEL MURO DE CONTENCIÓN EN TLACUITLAPA, DELEGACION
ALVARO OBREGON, DISTRITO FEDERAL

- I. INTRODUCCION
- II. PROGRAMACION Y CONTROL DE PROCESOS
CONSTRUCTIVOS
- III. GENERALIDADES DEL PROYECTO
- IV. APLICACION DEL METODO DE LA RUTA
CRITICA
- V. OPTIMIZACION DE TIEMPOS Y RECURSOS
- VI. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Ciudad Universitaria, D.F., a 14 de marzo de 1991
EL DIRECTOR


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/RAV/ljs*

Dedico este trabajo

A Dios por haberme permitido llegar a este momento tan importante en mi vida

A mi madre quien puso tanto empeño como yo para alcanzar las metas académicas que me he propuesto

A Norberto Hernández (†) quien siempre se preocupó por mis estudios y espero que ahora se sienta orgulloso donde esté

A mis hermanas de quienes siempre he recibido ayuda y comprensión

A mi cuñado Carlos como un ejemplo a seguir

Al Ing. Ernesto Mendoza Sánchez quien por su excelente cátedra me motivó a profundizar en los temas de Administración en Ingeniería, que han sido de gran utilidad en mi desarrollo profesional.

Al Ing. Luis Mascot López (†), mi dilecto

A mi amigo el Ing. Héctor Sangines García

Al tan querido Ing. Raúl Saavedra Horita por su apoyo y ejemplo

A Lourdes por su incondicional ayuda y por estar
conmigo siempre, en las buenas y en las malas

A mis amigos Denise, Rogelio, Carlos, Raúl, Beto,
Jesús, Jorge y Héctor

“Mis amigos son gente cumplidora
que acuden cuando saben que yo espero
si les roza la muerte disimulan
que pa' ellos la amistad es lo primero”

-Serrat

A Joan Manuel Serrat quien me acompañó con su
música en las largas horas de estudio

A todos los muros de contención del tercer planeta

Acumular conocimientos es tan malo como acumular dinero. Llega el momento en que debemos empezar a emplear lo aprendido.

-Robert Frost.

Serenidad y paciencia.

- Kalimán.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
I. PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS	3
I.1. MÉTODO DE GANTT	4
I.1.1. CONTROL DEL PROCESO CONSTRUCTIVO	6
I.1.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MÉTODO	7
I.2. MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA	9
I.3. MÉTODO DE COMPRESIÓN DE REDES	22
I.3.1. PROCEDIMIENTO DE COMPRESIÓN DE REDES	23
II. GENERALIDADES DEL PROYECTO	30
II.1. LOCALIZACIÓN	31
II.2. DATOS DE DISEÑO	34
II.2.1. INVESTIGACIÓN DEL SITIO	34
II.2.2. ESTRATIGRAFÍA DE LA PARED DEL TALUD	35
II.2.3. ANÁLISIS GEOTÉCNICO	45
II.3. PROYECTO DEFINITIVO	47
II.4. PROCESO CONSTRUCTIVO	50
III. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA	52
III.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO	53
III.2. ASIGNACIÓN DE RECURSOS Y TIEMPOS	57
III.3. DIAGRAMA DE FLECHAS	63
III.4. DIAGRAMA DE BARRAS	63
IV. ASIGNACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE RECURSOS	64
IV.1. NIVELACIÓN VARIABLE	65
IV.2. NIVELACIÓN FIJA	68
IV.3. NIVELACIÓN COMBINADA	72
IV.4. VENTAJAS DE LA NIVELACIÓN DE RECURSOS	72
COMENTARIOS Y CONCLUSIONES	73

INTRODUCCIÓN.

INTRODUCCIÓN.

La decisión de desarrollar como Tema de Tesis **LA RUTA CRITICA APLICADA AL PROGRAMA DE CONSTRUCCION DEL MURO DE CONTENCIÓN EN TLACUITLAPA, DELEGACIÓN ÁLVARO OBREGÓN, DISTRITO FEDERAL**, radicó por un lado, en tener la oportunidad de participar en una obra tan importante tanto por su impacto social, como por lo poco común de esta, ya que no se construyen este tipo de obras de tal magnitud 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 contar con una información lo suficientemente basta y adecuada al respecto.

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

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 I con el nombre de **PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS**, los diferentes métodos que por su sencillez de manejo son los que se utilizan actualmente, ya sea por obligación (obra pública) o por costumbre (obra privada).

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 y los datos más sobresalientes del Proyecto, para en base a esto definir el proceso constructivo que sea el más conveniente.

El capítulo III se refiere a la Aplicación del Método de la Ruta Crítica en la planeación de 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, para obtener los diagramas de flechas y barras.

La Optimización de Tiempos y Recursos se aplica en el Capítulo IV, analizando reprogramaciones en forma particular y detallada para obtener mejores resultados; finalmente se incluye el manejo de recursos mediante el diagrama de barras, con lo cual se conocen las necesidades económicas en cualquier fase del desarrollo del proyecto, analizando únicamente para nuestro caso el manejo de recursos económicos y el de mano de obra.

Como parte final de este trabajo, se presentan las conclusiones a las que se llega después de haber analizado la importancia de la utilización del Método de la Ruta Crítica.

I. PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS.

I. PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS.

A continuación se presenta 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.

El Método de la Ruta Crítica es una técnica relativamente nueva y eficaz utilizada 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 de la manipulación de esta red, para lograr una completa determinación del mejor programa de operación. Es un método que se adapta en gran forma a la Industria de la Construcción, pues brinda un enfoque mucho más útil y preciso que las gráficas de barras convencionales, anteriormente empleadas como la base de la planeación y control de la construcción y que ahora se utilizan como complemento del Método de la Ruta Crítica, motivo por el cual comenzaremos comentando su origen y usos detalladamente.

I.1. MÉTODO 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 la 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 las duraciones.

Tercero.- Se ordenan cronológicamente.

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

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

De acuerdo con la experiencia, se debe seguir una secuencia lógica en el tercer paso.

A continuación se presenta como ejemplo, el Diagrama de Gantt de un proceso constructivo, en el cual se puede observar una secuencia de las actividades. También se puede observar que los intervalos de tiempo escogidos son meses, pero estos pueden

ser semanas, días, etc., según sea el caso y qué tan a detalle se programen o se deseen controlar las actividades.

CONCEPTO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
PRELIMINARES				
EXCAVACIÓN				
CIMENTACIÓN				
ESTRUCTURA				
ZAMPEADO				

1.1.1. 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 apegarse 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.

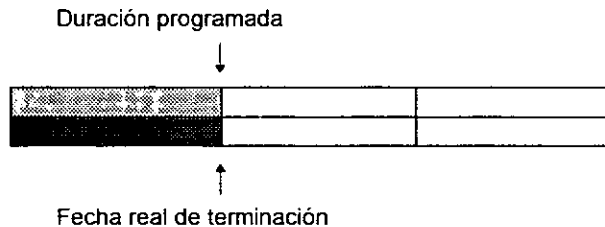
Segundo caso: Cuando se termina una actividad después de lo programado sin afectar a las demás actividades.

Tercer caso: Cuando se termina una actividad después de lo programado afectando otras actividades.

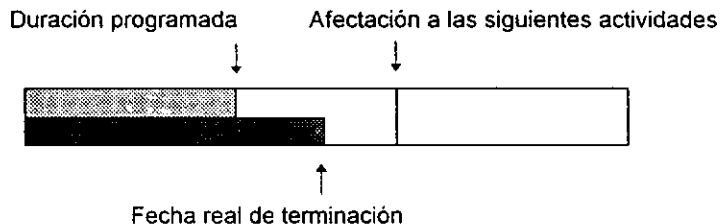
Cuarto caso: Cuando se rebasa la fecha de terminación de la obra. En este último caso habrá de realizarse una reprogramación, si se desea terminar en la fecha que se pretende, teniéndose para esto que tomar en cuenta los problemas específicos de cada actividad.

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

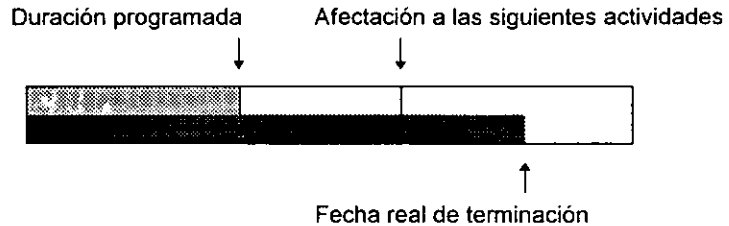
Primer caso:



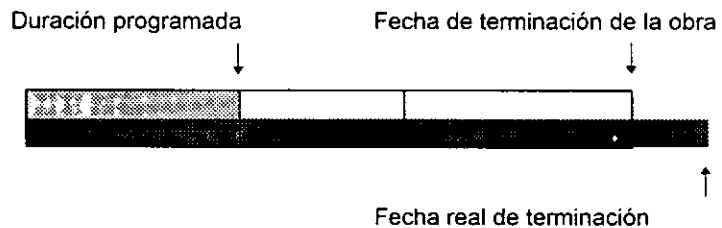
Segundo caso:



Tercer caso:



Cuarto caso:



1.1.2. 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 de 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 retrase un cierto tiempo, se tengan solamente las siguientes alternativas de solución:

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

Éste 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 peligro de perder pasos importantes en la realización de dichas actividades.

Por esto mismo no es posible prevenir las demandas de recursos, tanto materiales como 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 en que se requieren. Asimismo, la distribución se toma irregular, contándose con ellos cuando no se necesitan y faltando dichos recursos cuando se quieren utilizar, provocando con esto que el equipo esté desocupado y generando una necesidad de despedir personal que tal vez se requiera posteriormente; además, pueden necesitarse espacios mayores de almacenamiento por contar con demasiado material en épocas no necesarias, etc., lo que provoca evidentemente un incremento en el costo de ejecución del proyecto y generando también un retraso en el mismo.

Pero no todas son desventajas, también el método de Gantt o Diagrama de Barras tiene ventajas como presentación de un programa, siempre y cuando sea ocupado para conceptos específicos, pudiendo ser éstos, por ejemplo: Análisis Económicos, Mano de Obra, etc., y cuando se trate de un proyecto simple.

Para finalizar diremos que el método de Gantt o Diagrama de Barras es un método básicamente cualitativo, pero que si se complementa con métodos mas racionales como son el de la Ruta Crítica o Pert, se vuelve una herramienta bastante poderosa, ya que el resultado de los análisis racionales se puede plasmar y ser interpretado con gran facilidad, aún por personas no muy versadas en el tema.

I.2. MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA.

El método de la Ruta Crítica al que también se le conoce con el nombre de 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, dados los resultados, desde entonces y hasta la fecha, el método de la Ruta Crítica sigue siendo utilizado en todos los proyectos. Asimismo 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 Construcciones de Edificios y por la Secretaría de Obras Públicas, con magníficos resultados. A partir de 1962 la Comisión Federal de Electricidad lo ha adoptado para la planeación, programación y control de las grandes obras de edificación 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 de un proyecto, que deben desarrollarse dentro de un tiempo crítico y con un costo óptimo. Este método es aplicable a cualquier situación en la que se tengan 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 control en la ejecución de obras, y en forma particular al análisis de los recursos necesarios, proporciona nuevos elementos de consulta que superan a los métodos tradicionales. Las etapas de que consta este método son:

- * Planeación: Es la determinación de las actividades que se integran en la ejecución de una obra. Obtenemos con esto una representación convencional de la ejecución de la obra, en la que queda 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 actividades, 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 conforme 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.- Planeación de dos componentes:
 - a) Actividades que la integran.
 - b) Secuencia de ejecución.
- 3.- Integración de un programa mediante el Diagrama de Flechas.
- 4.- Estimación del lapso de duración de cada una de las actividades.
- 5.- Presentación de datos para el análisis de la relación costo-duración de una actividad dada.
- 6.- Presentación de 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:

- Contar con personal de experiencia.
- Considerar los posibles métodos para ejecutar el proyecto de acuerdo con los recursos humanos, económicos, de equipo, de materiales, etc., disponibles.
- Contar con conocimiento de los tiempos requeridos de ejecución.
- Tomar en cuenta los 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, 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 éste, existe la necesidad de someterlo a revisión por los diferentes departamentos o personas involucradas en su formación y modificarlo, si es necesario, con el objeto de satisfacer mejor 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 la programación de un mismo proyecto, los planes y programas que se 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 las actividades, dividiendo el proyecto en un conjunto de actividades principales o de primer orden y subdividiéndolo en actividades de segundo orden, continuando 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, deber hacerse considerando a esa actividad como un proceso compuesto de las actividades de segundo orden que le corresponden.

NÚMERO DE ORDEN DE LAS ACTIVIDADES	1°	2°	3°	4°
	A1	A1.1	A1.1.1	A1.1.1.1
				A1.1.1.2
			A1.1.2	A1.1.2.1
				A1.1.2.2
	A2	A2.1	A2.1.1	A2.1.1.1
				A2.1.1.2
				A2.1.1.n

Las actividades de orden más elevado son las componentes básicas o elementos del proyecto. Por otro lado, a medida que el orden de las actividades 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 de experiencia, que tenga conocimiento de los alcances y limitaciones, tanto del proyecto como de la empresa, ya que esto 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 ágil para establecer la secuencia de actividades y se elabora anotando tanto en renglones como en columnas el nombre de las actividades (una en cada caso y por cada renglón y columna) teniendo que si existen "n" actividades, tendremos "n" columnas y "n" renglones siguiendo los dos puntos que se enuncian:

- 1) Se analiza la actividad correspondiente a cada uno de los renglones y se determina qué actividad o actividades pueden hacerse inmediatamente después de terminar la primera; para lo que habrá de señalarse con una X en la(s) intersección(es) con la(s) actividad(es) que pueda(n) ejecutarse inmediata(s) a la del renglón correspondiente.
- 2) Se analiza la actividad de cada una de las columnas y se determina la actividad o actividades que 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 arrancar la de la columna analizada.

Cabe mencionar que en algunos casos es mas fácil iniciar con el análisis de las columnas, y en otros con el de los renglones. 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 PRECEDENTES	ACTIVIDADES INMEDIATAS SIGUIENTES																		

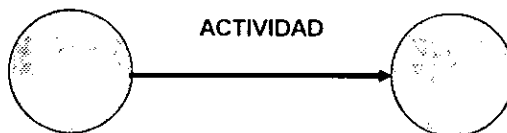
Representación gráfica del plan para un proyecto.

Aunque la Matriz de Secuencias y Precedencias es una representación de las dos fases de la planeación: a) actividades que lo integran y b) secuencia de su ejecución, además es conveniente disponer de una representación gráfica mas objetiva con el fin de representar algunos conceptos básicos preliminares.

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

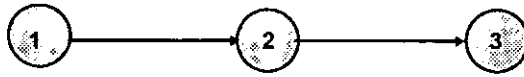


Actividad.- Es la ejecución física de una labor que consume tiempo y recursos. Se representa por una flecha y queda enmarcada entre dos eventos:



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

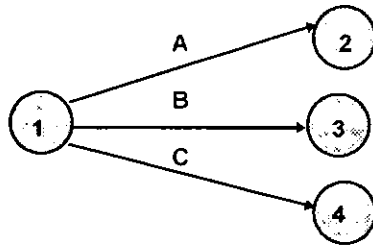
Red o Diagrama.- Es un conjunto de eventos ligados por actividades; los eventos que siguen inmediatamente a otro se llaman eventos subsecuentes y lo mismo sucede con las actividades.



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

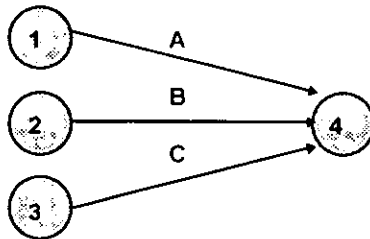
Estas quedarán representadas como flechas que parten de un mismo nodo, es decir, tienen un evento de partida en común.



Indica que las actividades A, B, C pueden iniciarse simultáneamente en el evento 1.

Representación de actividades que pueden terminarse simultáneamente.

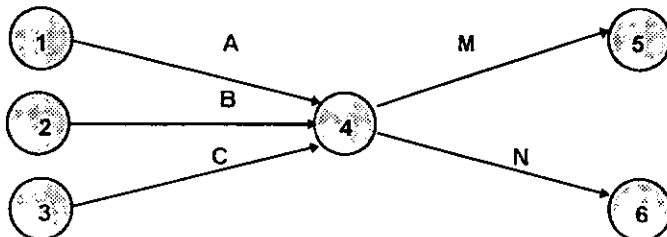
Estas quedarán representadas por flechas que tienen un mismo evento de terminación.



Indica que las actividades A, B, C pueden realizarse simultáneamente.

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

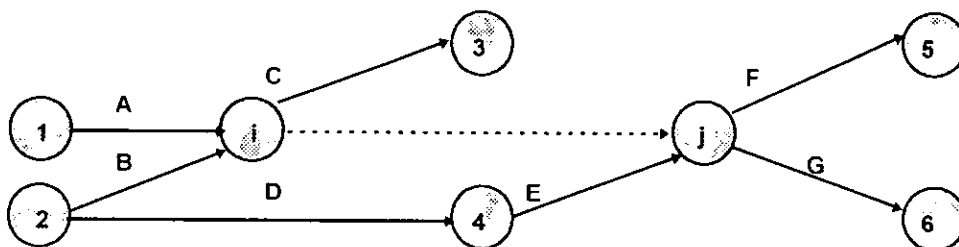
Esto quedará representado por dos conjuntos de flechas que tienen un nodo en común; para un conjunto este nodo será de terminación, y para el segundo conjunto será de partida, y este nodo se representa en el siguiente esquema con el número 4:



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

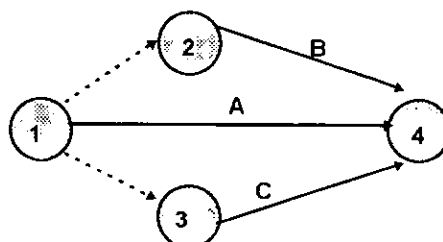
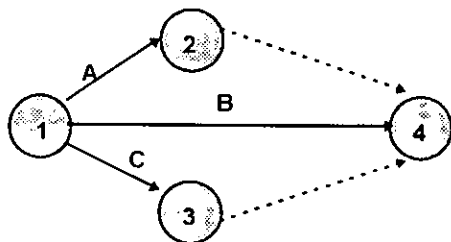
Esto quedará representado con una flecha punteada que va del evento "i" al evento "j".



Las actividades F y G, se podrán iniciar hasta concluir A, B y E, no existe dependencia de la actividad C.

Representación de actividades que pueden iniciarse simultáneamente y también terminarse simultáneamente.

Existen varias formas tales como las siguientes:



Construcción del Diagrama de Flechas.

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

1. Seleccionando la actividad o actividades que den inicio al proceso constructivo.
2. Determinando la secuencia lógica de las actividades con ayuda de lo que muestra la Matriz de Secuencias y Precedencias.

3. Escogiendo actividades que por su naturaleza puedan iniciarse al mismo tiempo que otras.

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

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

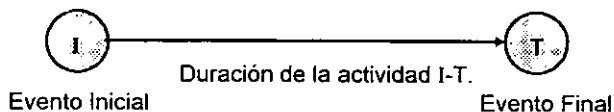
I_P .- Tiempo de inicio mas próximo o mas temprano de cada actividad.

I_R .- Tiempo de inicio mas remoto o mas tardío de cada actividad.

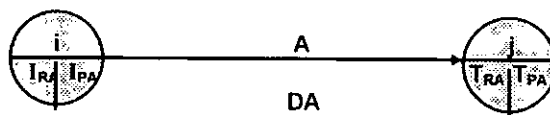
Si a estas fechas les sumamos la duración de cada actividad tendremos como resultado:

T_P .- Tiempo de terminación mas próxima.

T_R .- Tiempo de terminación mas remota.



Respectivamente y 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:

- Dibujar la Red con las limitantes establecidas en la tabla de Secuencias.
- Checar que no existan dependencias innecesarias.
- Eliminar todas las actividades ficticias que no resulten requeridas.
- Hacer la enumeración de los eventos de tal forma que las actividades se puedan expresar por el valor absoluto del número inicial y final, siendo el último siempre mayor que el primero.

Para calcular la iniciación próxima de cada actividad se considera que el inicio del primer evento es el arranque de la Red, de forma tal que si tenemos la actividad A, con una duración de tres unidades, la actividad o actividades que se puedan iniciar inmediatas a la A, tendrán como $I_P=3$ y así sucesivamente.

Para el cálculo de la terminación remota, el proceso es inverso puesto que una vez que asignamos las duraciones a todas las actividades y que calculamos 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 de cálculo de los I_P 's, en 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.

Hecha esta aclaración, tenemos que la T_R será calculada de modo 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_{RB} , siendo "B" la actividad que le sucede a "A"; igualmente la T_{PA} es al mismo tiempo la I_{PB} .

Ventajas de la Gráfica de Flechas.

- a) Es una base determinada para la planeación de un proyecto.
- b) Una forma clara de mostrar el plan para un proyecto, que puede interpretarse con facilidad por cualquier persona relacionada con el proyecto o con una fase de él.
- c) Un medio de valorar estrategias y 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 en cada flecha del 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 de duración máxima son llamadas actividades críticas, las que a su vez dan lugar a lo que se conoce 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 ese tiempo se le conoce con el nombre de 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 las Holguras, tenemos que se pueden calcular de la siguiente forma:

$$H_T = T_R - I_P - D$$

Esto es, Holgura Total es igual a la terminación remota menos la iniciación próxima, menos la 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, mediante la fórmula:

$$H_L = I_{PB} - T_{RA}$$

Aplicación 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 están en un orden de Holgura Total creciente. Con esta base y los datos de recursos requeridos para cada actividad según su duración, se puede elaborar una serie de 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, con el fin de hacer un manejo adecuado, y de evitar periodos 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 la disponibilidad de la empresa.

Si en un momento dado se observa 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 cómo reducir actividades con el costo óptimo.

Suponiendo las gráficas de costo directo y costo indirecto contra el tiempo, la suma de ellas, es decir, costo total-tiempo, deberá presentar un mínimo, o lo que es lo mismo, 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.

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

- a) Información ordenada para la programación en detalle de los recursos.
- b) La definición clara de la interrelación de las actividades.
- c) La evaluación del avance del proyecto y la retroalimentación del control, tomando las medidas necesarias.
- d) La definición de las actividades no críticas para la disposición de los 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 el personal adecuado para 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.

1.3. MÉTODO DE COMPRESIÓN 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 dispongan.
- Que para los casos en que este mayor tiempo no cumpla con los objetivos en 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 modificar el proceso constructivo, con lo cual la planeación y programación inicial se desecharan.

Cuando se trata de no alejarse de los planteamientos originales, se hace necesaria una reprogramación en cualquiera de las dos formas que se expresan 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, política 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 retraso en el 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 **Compresión de Redes**.

Principios de la Compresión de Redes.

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.



- b) El costo directo se forma de la suma de los costos de los materiales, mano de obra y 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 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 mínima.

Por otra parte, existe un límite inferior para la duración, llamado duración límite o de premura, al cual corresponde un costo o límite de premura. Esta duración de premura se caracteriza porque no puede reducirse más el tiempo 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 periodo de tiempo entre el normal y el de premura y que se obtiene de la siguiente expresión:

$$Q_{NL} = (CP - CN) / (DN - DP)$$

donde:

- Q_{NL}. Costo por unidad de tiempo acortada.
- CP. Costo de premura.
- CN. Costo normal.
- DN. Duración normal.
- DP. Duración de premura.

I.3.1. Procedimiento de compresión de redes.

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

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	\$ / U.T.A.
SUMAS					

3. Se eligen aquellas actividades cuya holgura total sea igual con cero, de manera que cualquier reducción sobre sus tiempos de ejecución se refleje en la duración 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 comprimida 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:

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

donde:

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.

ND. Unidades de tiempo acortadas en la última compresión.

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.

1.3.2. Ejemplo.

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

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

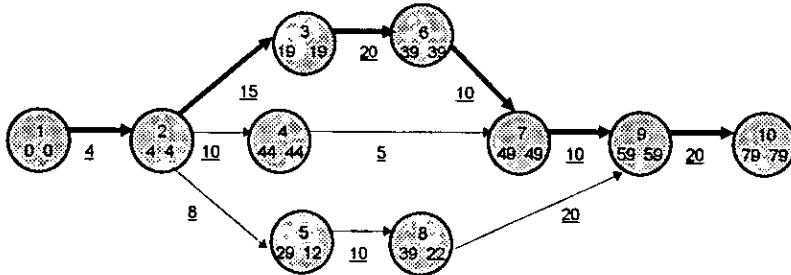


Tabla de duraciones y costos.

ACTIVIDA D	DN	DP	CN	CP	\$/ DÍA	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	2,535		

1er. Caso.

Supongamos que antes de iniciar la obra, y por necesidades del cliente, se hace necesario reducir el tiempo de ejecución original en treinta 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:

$$\text{Duración total} - \text{Reducción del tiempo} = \text{Tiempo de reprogramación}$$

$$79 \text{ días} - 30 \text{ días} = 49 \text{ días.}$$

- 1a. Compresión. Se escoge la actividad 6-7, de la tabla de duraciones 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.

- 2a. Compresión. La actividad 3-6, es la segunda actividad de menor costo de reducción, y se puede reducir hasta en diez días.
- 3a. Compresión. De la tabla de duraciones y costos, vemos que hay dos actividades de menor costo, la 2-3 y la 9-10. Tomaremos la actividad 9-10, que se puede reducir hasta en diez días y no afecta la ruta original y en cambio si reducimos la 2-3 en su duración límite, afectaríamos la ruta original.
- 4a. Compresión. La actividad 2-3 se puede comprimir hasta en cinco días, pero presenta el inconveniente de originar una ruta crítica distinta a la original, por lo que se comprimirá en dos días para no alterar la ruta crítica original.
- 5a. Compresión. Nos faltan tres días para lograr reducir nuestra duración a cuarenta y nueve días. Esto lo apodemos lograr reduciendo otros tres días a la actividad 2-3, pero también necesitamos reducir en tres días la ruta crítica adicional, por lo que también reduciremos la actividad 5-8 en tres días. Con cinco compresiones llegamos al tiempo que necesitamos por lo que la compresión de la red se ha terminado.

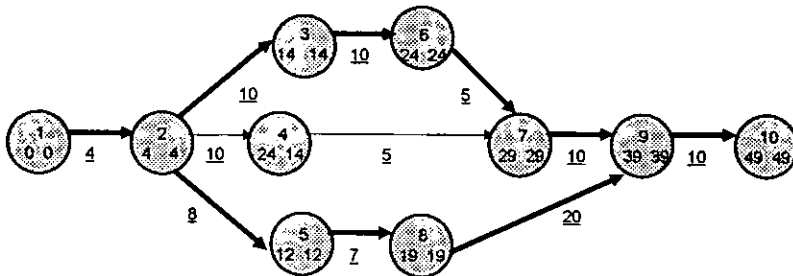
Para una duración de cuarenta y nueve días, obtenemos por medio de la compresión de redes, un aumento en el costo, de \$850 hasta \$1299. A este costo también se le llama costo de ruptura.

TABLA DE COMPRESIONES

Duración buscada=49 días

ACTIVIDAD	COMPRESIONES	OPERACIONES	COSTO TOTAL	DURACIÓN 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	$52-3=49$

Diagrama final:



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 comparado con el avance programado, resulta que existe un atraso de diez días con respecto a la fecha de terminación requerida, por lo cual es necesario tomar las medidas pertinentes para corregir la desviación. Esto lo lograremos aplicando la compresión de la red en forma parcial, como se ejemplifica a continuación:

ACTIVIDAD	COMIENZO	% 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 este informe y actualizando el programa original, llegamos al retraso en tiempo que ha sufrido la obra y que será necesario recuperar.

Actividad 3-6.

Días de trabajo: $45 - 29 = 16$ % avance = 80%

$$\begin{array}{r} 80 - \text{-----} - 16 \\ 100 - \text{----} - x = 20 \end{array}$$

Fecha de terminación (más próxima) = $29 + 20 = 49$.

Actividad 4-7.

Días de trabajo: $45 - 40 = 5$ % avance = 50%

50 ----- 5
100 ---- x = 10

Fecha de terminación (más próxima) = $40 + 10 = 50$.

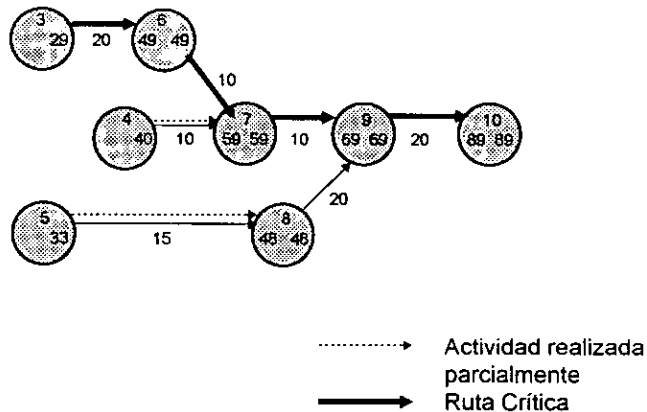
Actividad 5-8.

Días de trabajo: $45 - 33 = 12$ % avance = 80%

80 ----- 12
100 ---- x = 15

Fecha de terminación (más próxima) = $33 + 15 = 48$.

Incluyendo los resultados anteriores en la red, esta quedaría así:



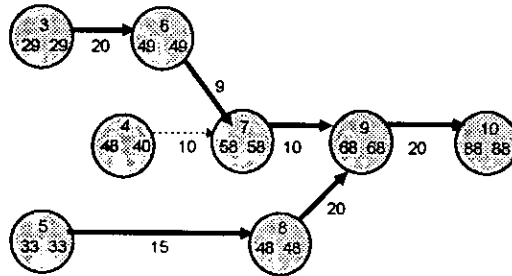
Como podemos observar del análisis anterior, el proyecto se ha retrasado con respecto al tiempo de duración inicial en 10 días, por lo que necesitamos tomar las medidas correctivas para hacer que el proyecto termine en la fecha programada, lo cual apodemos lograrlo comprimiendo la red.

TABLA DE DURACIONES COSTOS

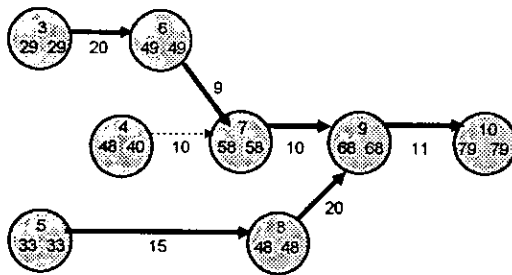
ACTIVIDAD	DN	DP	CN	CP	AC/AT
6-7	10	5	10	30	4
7-9	10	5	300	700	80
8-9	20	10	200	500	30
9-10	20	10	100	300	20
SUMAS			610	1530	

Proceso de Compresión de redes

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



2a. Compresión. Actividad 9-10; nueve días:



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

610+184=794 unidades.

TABLA DE COMPRESIONES

ACTIVIDAD	COMPRESIONES	OPERACIONES	Duración buscada=79 días	
			COSTO TOTAL	DURACIÓN ACORTADA
6-7	1ª 1 DÍA	610+(4X1)	614	89-1=88
9-10	2ª 9 DÍAS	614+(20X9)	794	88-9=79

II. 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 mencionarán en forma general los datos geográficos de la Delegación Alvaro Obregón, en el Distrito Federal. Por otro lado, también se resaltarán las causas que motivaron a la construcción de nuestra obra.

Se mencionarán las bases que sirvieron para determinar el proyecto ejecutivo del muro, considerando el cumplimiento de ciertas funciones básicas.

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

II.1 LOCALIZACION

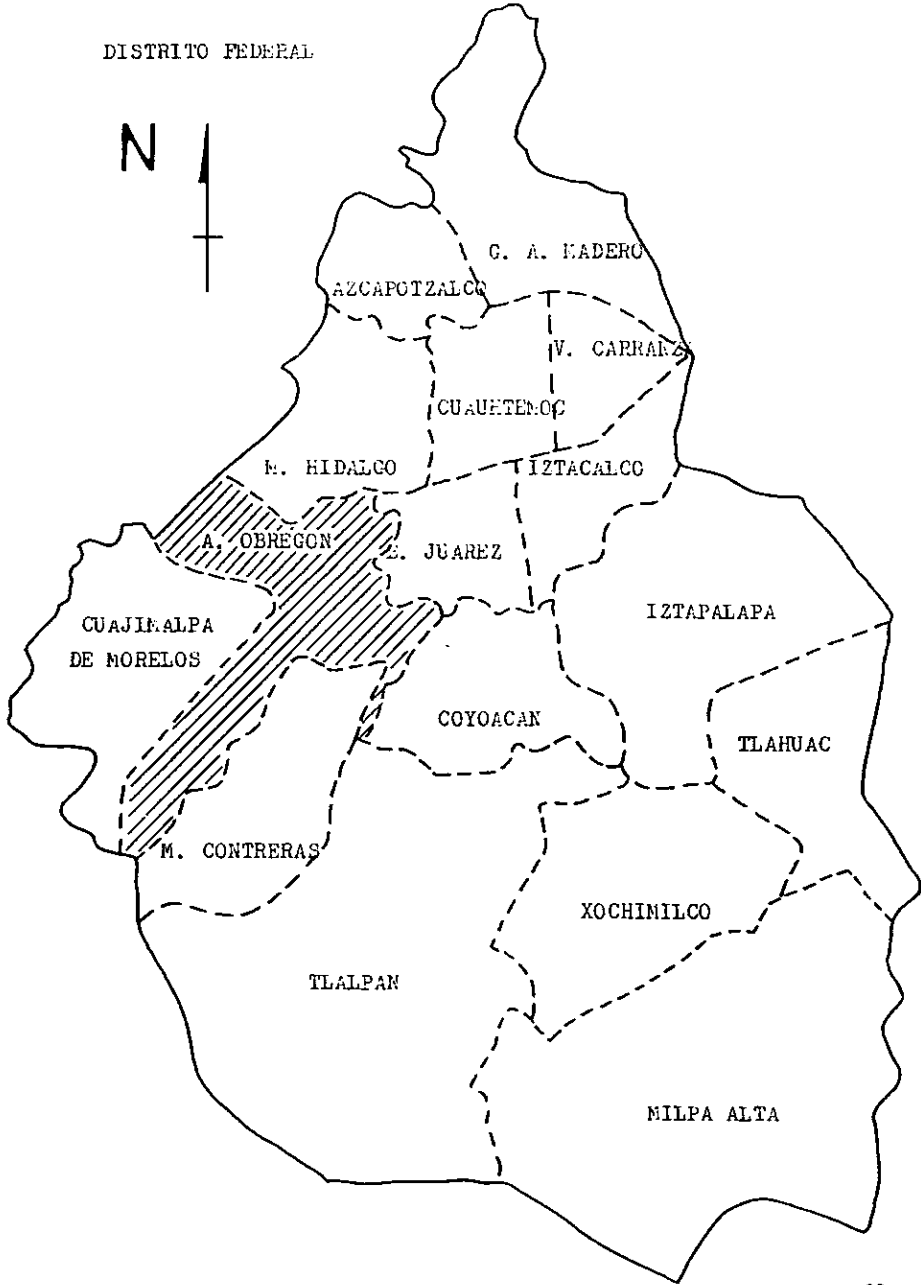
La Delegación Alvaro Obregón se localiza al suroeste del Distrito Federal, colindando al norte con la Delegación Miguel Hidalgo; por el sur con las Delegaciones Tlalpan y Magdalena Contreras; por el oriente con las Delegaciones Benito Juárez y Coyoacán; y por el poniente con la Delegación Cuajimalpa de Morelos.

Ocupa una superficie de 94.5 km² que representan el 6.3% de la superficie total del Distrito Federal, ocupando el quinto lugar en extensión territorial entre todas las Delegaciones que conforman el Distrito Federal.

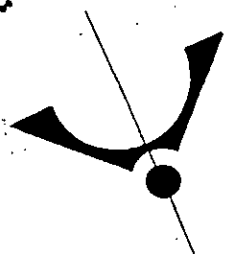
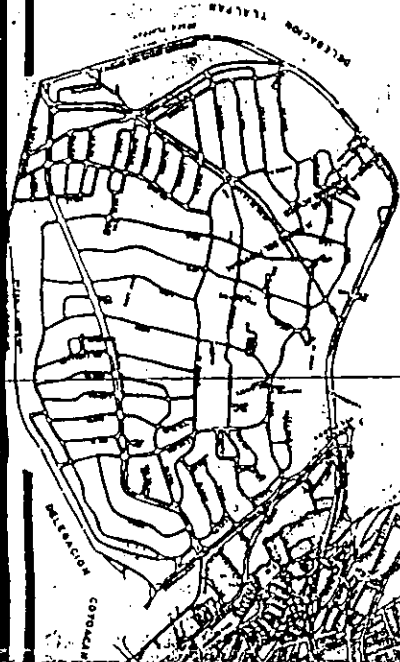
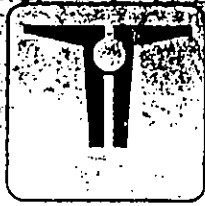
Gran parte del territorio de esta Delegación se encuentra en la denominada zona de Lomas o Zona I, que se encuentra formada por abanicos de material piroclástico (tobas arcillosas, pumíticas y brechas).

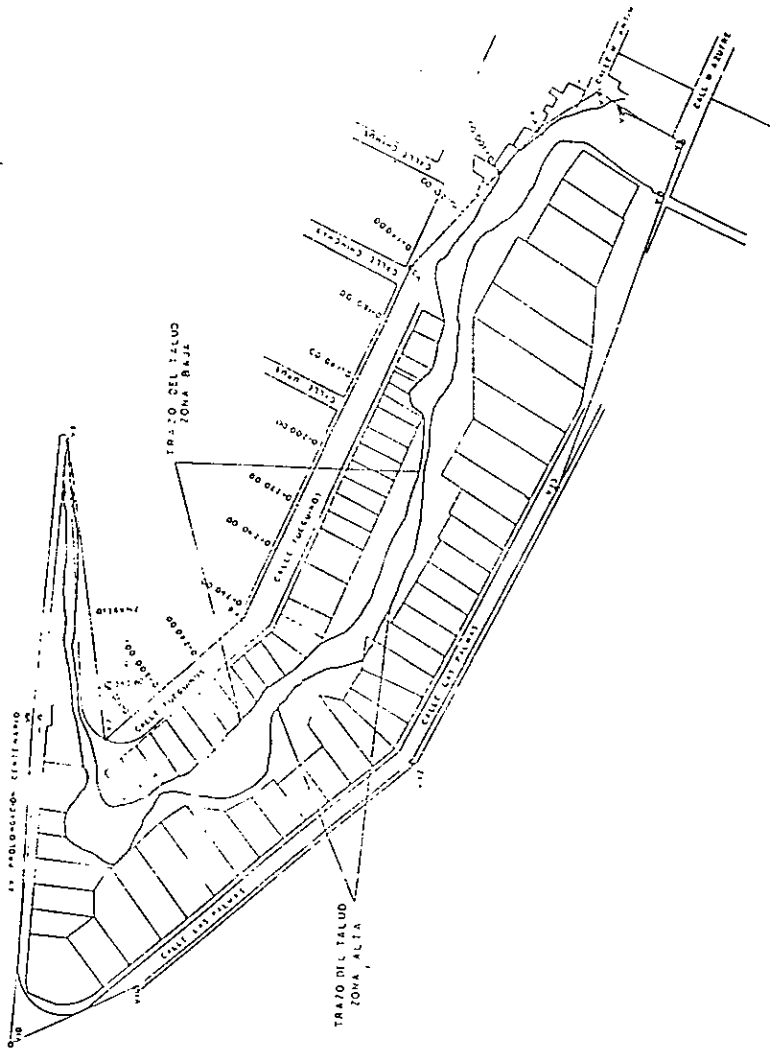
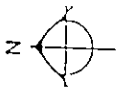
La ubicación de la Delegación Alvaro Obregón dentro del Distrito Federal es la que se muestra en la siguiente lámina:

DISTRITO FEDERAL



DELEGACION
ALVARO OBREGON





II.2. DATOS DE DISEÑO.

Al suroeste de la Delegación Alvaro Obregón, se localiza la Colonia Tlacuitlapa, donde se encuentra precisamente un talud conocido como "Talud de Tlacuitlapa" entre las calles de Palmas y Fuegoños.

El talud fue excavado expreso para la explotación de materiales ubicados en esta zona y los cortes realizados para tal efecto fueron moldeando el terreno hasta llegar a la forma actual.

En un principio el lugar se encontraba deshabitado, sin embargo el constante crecimiento de la mancha urbana provocó que aún en condiciones de alto riesgo, se fueran desarrollando asentamientos de viviendas hasta que la zona fue ocupada en su totalidad.

El transcurso del tiempo y la constante exposición de los materiales al medio ambiente, dieron como resultado un debilitamiento de los elementos que componen la pared del talud. Actualmente su pared se aprecia erosionada, con algunas grietas y fisuras.

El talud tiene una longitud de 370 m., con una altura promedio de 15 m, en su hombro y al pie existen casas habitación de uno y dos niveles, algunas de ellas en peligro latente y otras con problemas de deslizamiento de las zonas jardinadas; el talud de la barranca es casi vertical, con algunas zonas en contrapendiente.

II.2.1. Investigación del sitio.

Con base en la recopilación geológica y geotécnica del sitio, así como del levantamiento geológico del talud, se llegó a los siguientes resultados:

Geología Superficial.

El área de estudio se encuentra localizada en la zona denominada de Lomas o Zona 1, esta se encuentra enclavada al oeste de la Ciudad de México, estando formada por abanicos de material piroclástico, que fue depositado en las faldas de los aparatos volcánicos durante la vida activa de los mismos.

La manifestación volcánica se inicia a finales del Mioceno y continúa hasta fines del Plioceno, los abanicos antes mencionados contienen depósitos litológicos contemporáneos, por lo que la edad de estos depósitos varía de 10 a 5 millones de años; la zona de Lomas se formó principalmente en el Plioceno Inferior dentro de un lapso de unos 5 millones de años.

Fotointerpretación.

Se utilizó el método de interpretación de fotografías aéreas de una misma zona, correspondientes a épocas diferentes para reconstruir los eventos de la historia del sitio y definir el uso del subsuelo que se ha dado a la zona en estudio.

II.2.2. Estratigrafía de la pared del talud.

Los suelos que constituyen el talud son:

En la parte superior generalmente se detecta una toba volcánica de la formación Tarango, constituida por arcillas limosas con arena y cementantes; superficialmente se encuentra fisurada.

En la parte intermedia, se localiza una brecha de la serie clástica fluvial y aluvial, constituida por gravas y boleos empacados en una matriz arenosa con cementante.

Bajo esta brecha en los cortes con mayor profundidad, se localizó un horizonte pumítico, constituido por arena pumítica, con algunas partes de cementante; en ocasiones este horizonte está intercalado por un lente de toba volcánica.

El material detectado en todo el talud, tiene un comportamiento como el de una roca suave y no el de un suelo, por lo cual los análisis consideraron esta propiedad. El material en forma puntual presenta propiedades de resistencia muy alta y de deformabilidad nula.

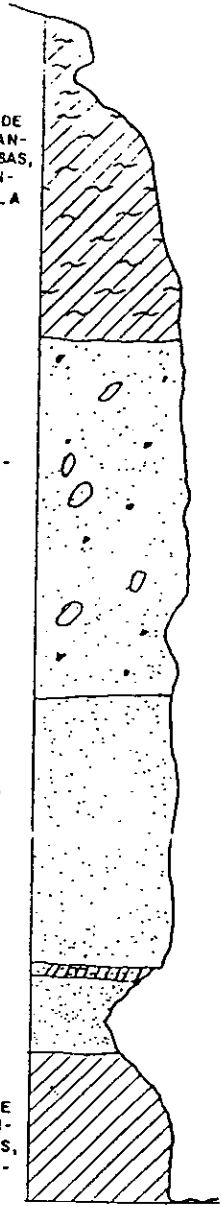
Se efectuó un levantamiento estratigráfico de los 370 m. de la pared del talud, en ellos se evaluó el grado de erosión, agrietamiento y los caídos que se apreciaban; el resultado de estos trabajos se muestra en las páginas siguientes, y corresponden a nueve cortes estratigráficos, representativos de la barranca.

3 VOLCANICAS DE
FORMACION TARAN-
CILLAS LIMOSAS,
RENA Y CEMEN-
TO, FISURA EN LA
PARTE SUPERIOR

4 A, GRAVAS Y BO-
REDONDEADOS
CLASTICA
FLUVIAL Y ALUVIAL

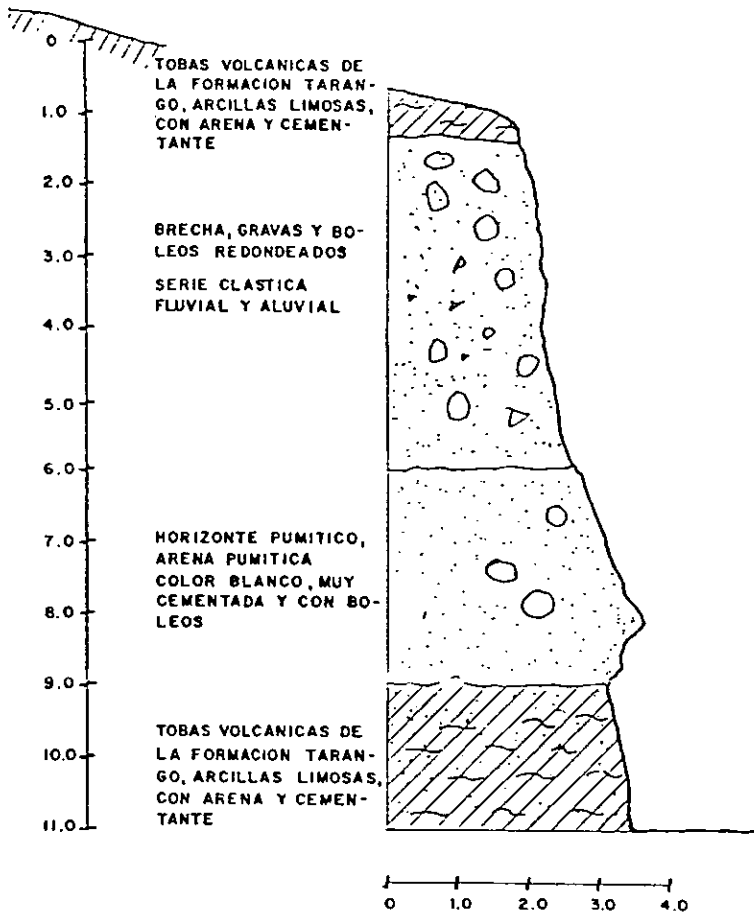
5 CONTE PUMITICO,
PUMITICA
BLANCO

6 VOLCANICAS DE
FORMACION TARAN-
CILLAS LIMOSAS,
RENA Y CEMEN-
TO



ESC: 1:75
ACOT: metros

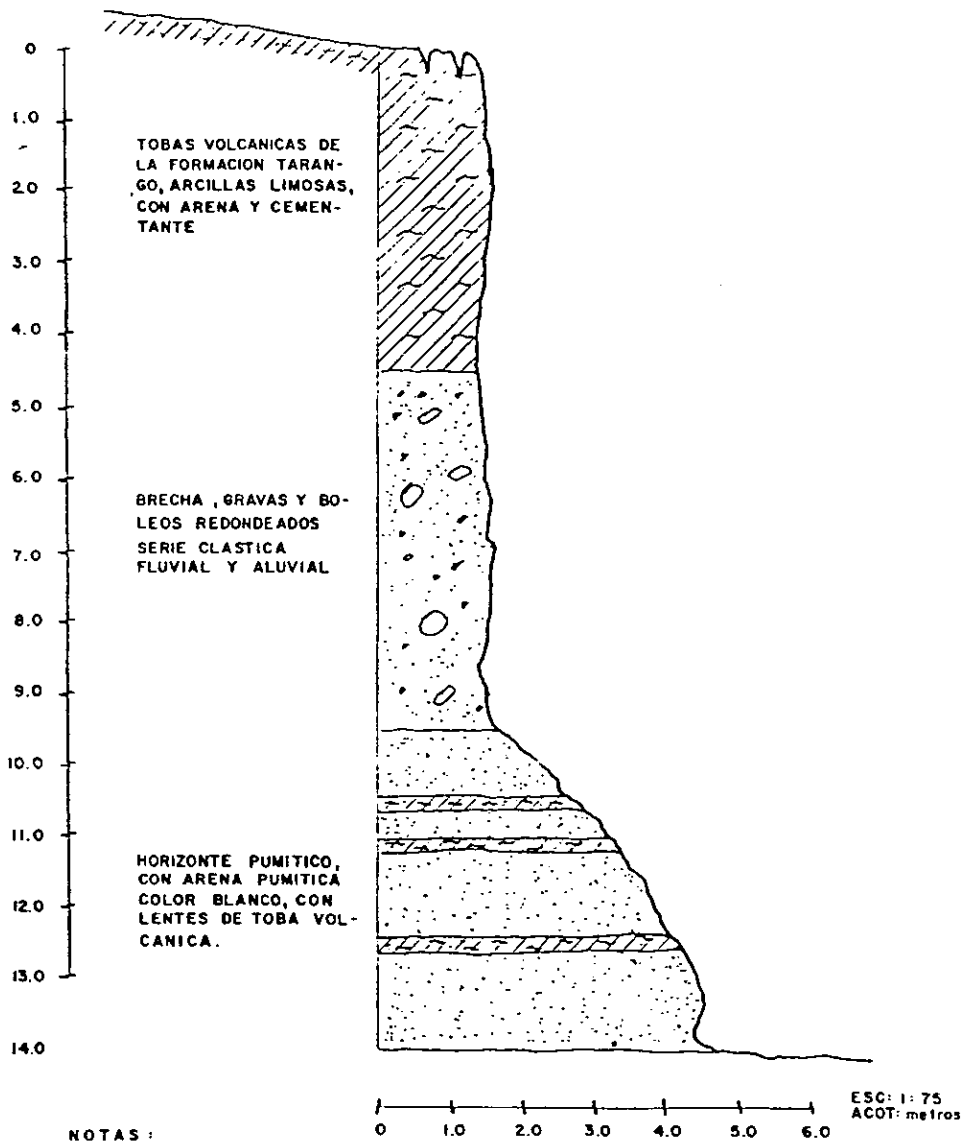
Perfil del terreno aproximado



NOTAS :

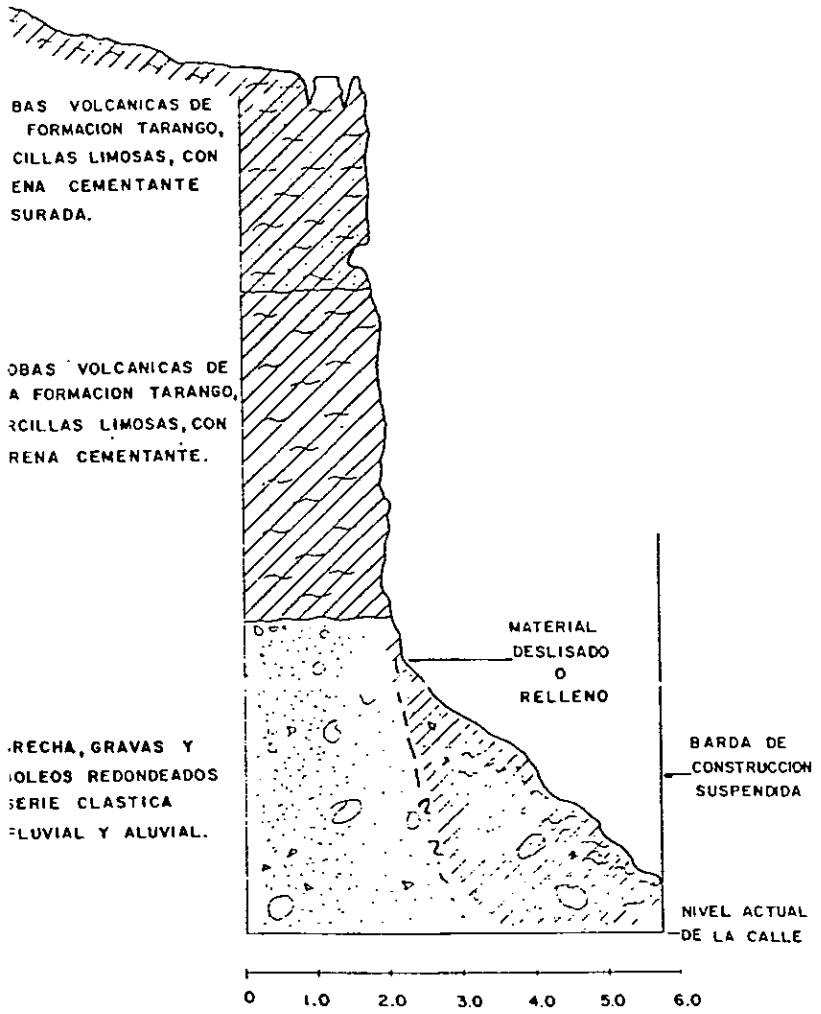
Topografía del terreno aproximado

ESC: 1:75
ACOT: metros



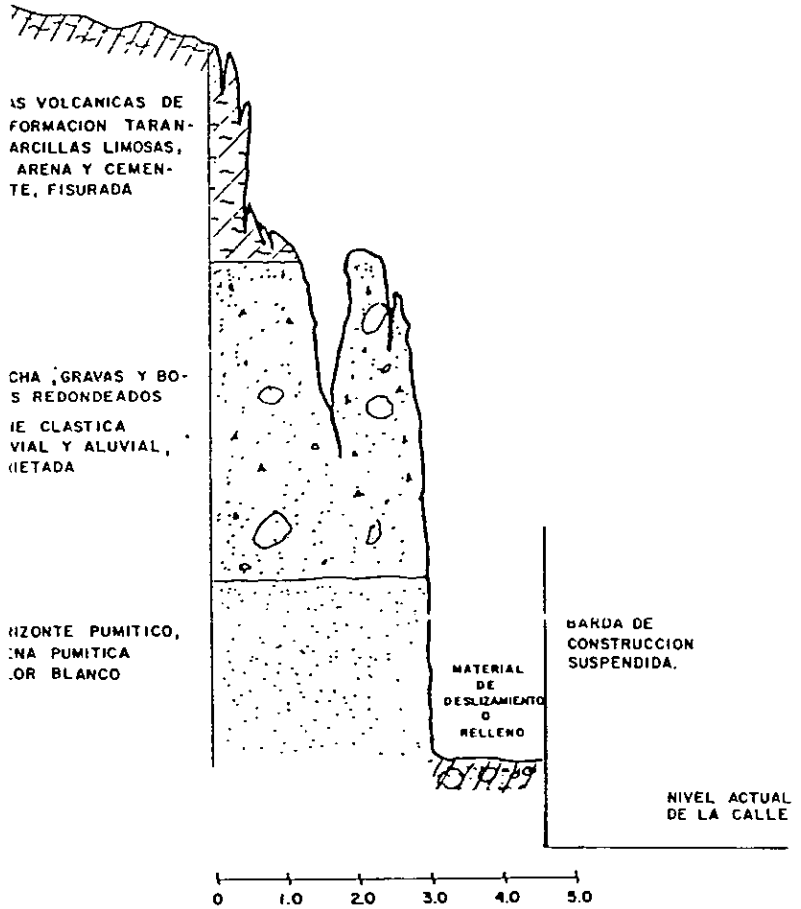
NOTAS :

Topografía del terreno aproximado



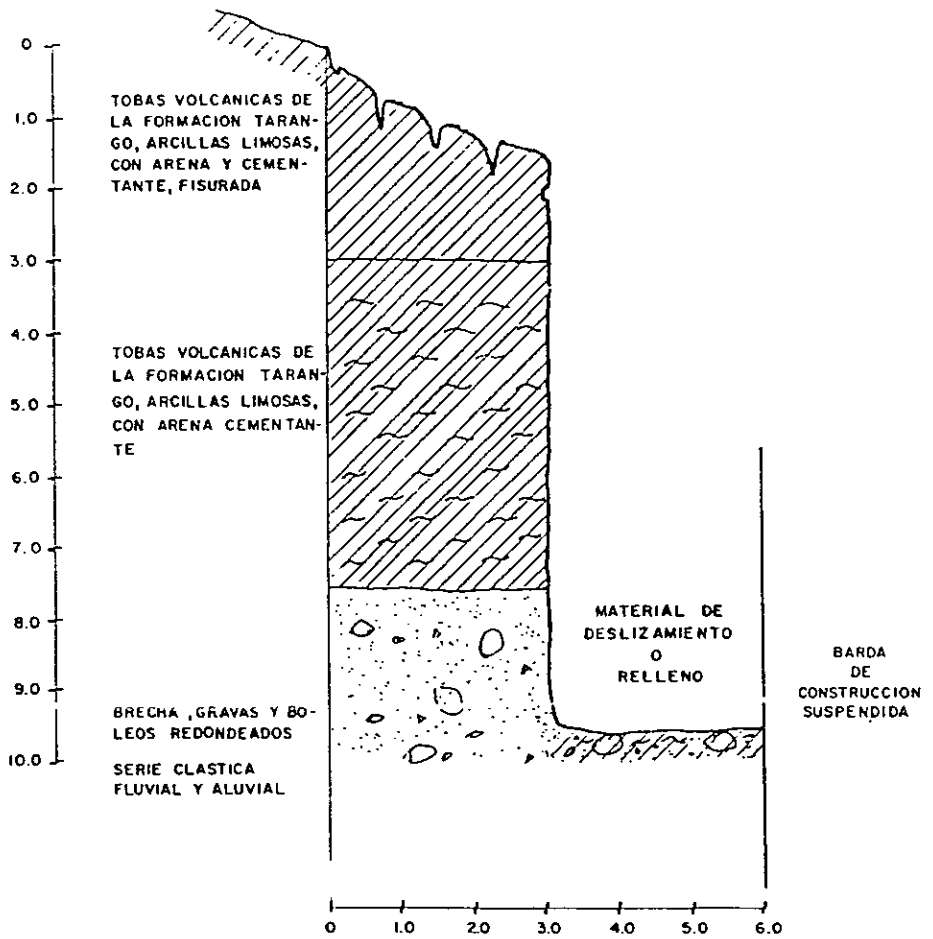
pografía del terreno aproximado

ESC:1:75
ACOT:metros



ESC: 1:75
 ACOT: metros

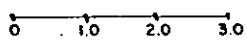
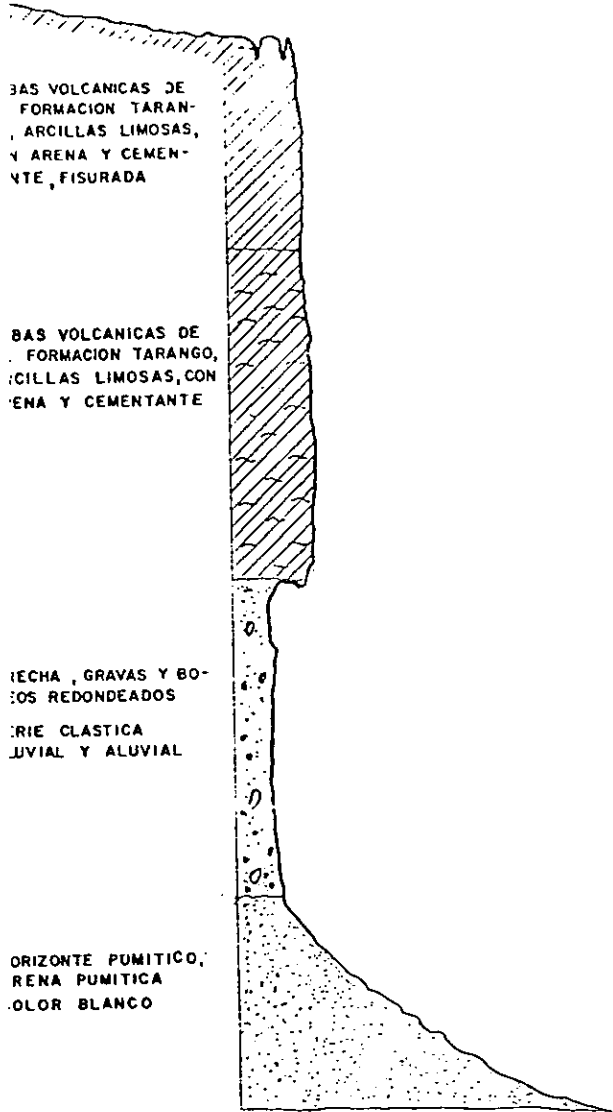
Topografía del terreno aproximado



ESC: 1:75
 ACOT: metros

NOTAS:

Topografía del terreno aproximado



ESC: 1:75
ACOT: metros

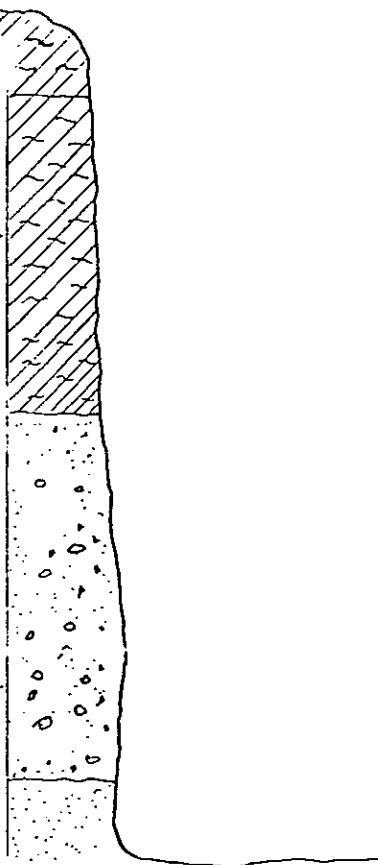
topografía del terreno aproximado

TOBAS VOLCANICAS DE
LA FORMACION TA-
RANGO, ARCILLAS LI-
MOSAS, CON ARENA Y
CEMENTANTE, FISURADA

TOBAS VOLCANICAS DE
LA FORMACION TARAN-
GO, ARCILLAS LIMOSAS,
CON ARENA Y CEMEN-
TANTE

BRECHA, GRAYAS Y BO-
LEOS REDONDEADOS
SERIE CLASTICA
FLUVIAL Y ALUVIAL

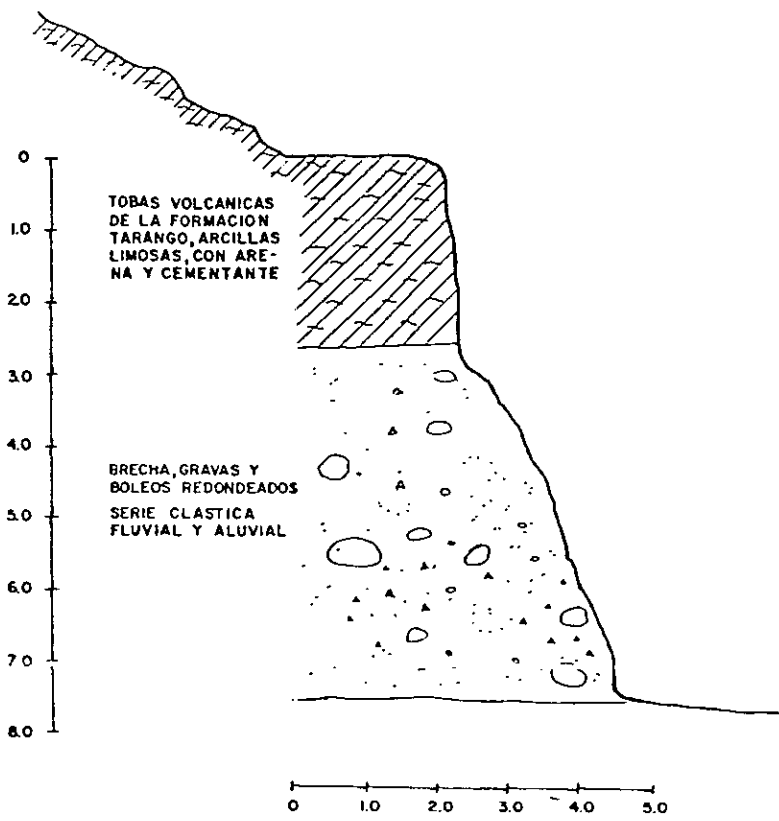
HORIZONTE PUMITICO,
ARENA PUMITICA
COLOR BLANCO



0 1.0 2.0 3.0

ESC: 1:75
ACOT: metros

ografía del terreno aproximado



ESC: 1: 75
ACOT: metros

NOTAS :

Topografía del terreno aproximado

II.2.3. Análisis geotécnico.

Los esquemas simplificados que se utilizan para el análisis de estabilidad de taludes en suelos no se pueden utilizar en rocas, sin embargo, por medio de un análisis cualitativo como es el método de equilibrio límite, si se puede definir la estabilidad de los taludes rocosos o de los suelos duros, a partir de las características de fracturamiento del manto, de su topografía y de la posibilidad cinemática de desplazamiento; de esta forma, se conoce la superficie límite de ruptura.

La ruptura de los macizos es un proceso reológico, que acumula la deformación en el tiempo y que únicamente en el último momento se manifiesta en forma de ruptura.

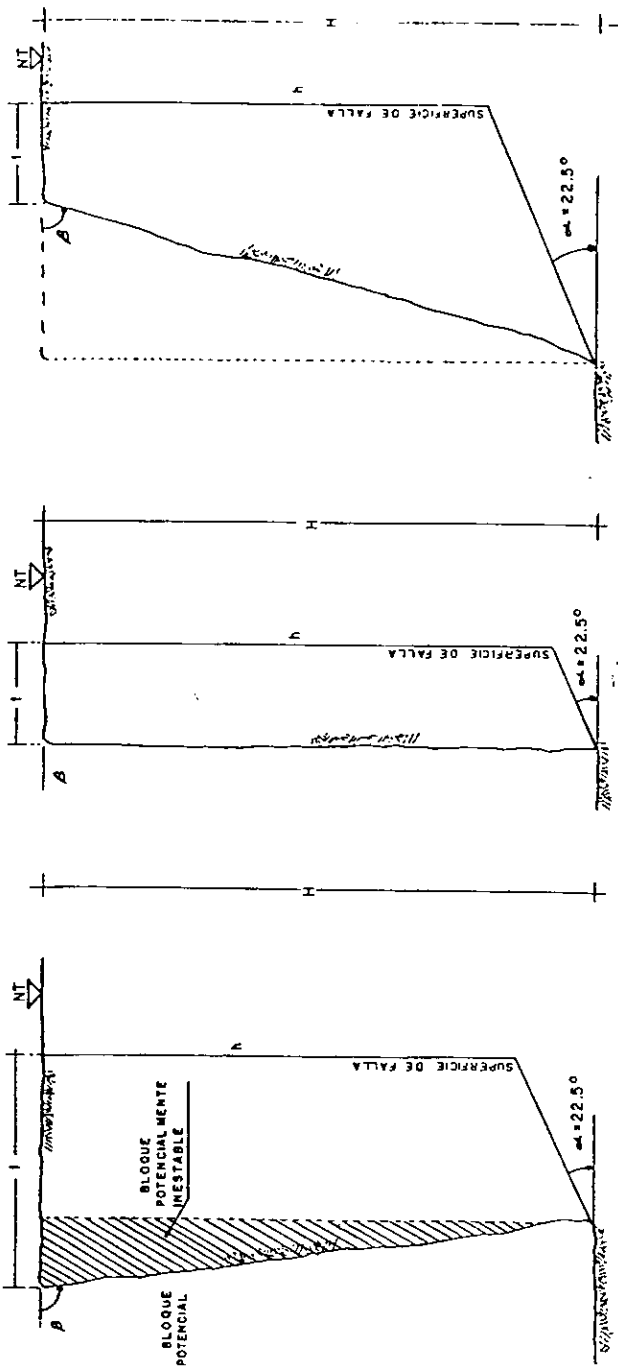
Si consideramos el problema plano:

$$FS = \frac{W \cos \alpha \tan \phi + c L}{W \sin \alpha}$$

siendo:

- W. El peso de la cuña dentro de la posible superficie de falla (ton/m²).
- α . Angulo de la línea de falla.
- ϕ . Angulo de fricción interna del suelo.
- c. Cohesión media en el plano de la línea de falla (ton/m²).
- L. Línea de falla (m).
- FS. Factor de seguridad.

En la figura siguiente, se presentan los tipos de taludes analizados, los cuales tienen un factor de seguridad de 1.6; en esta figura se acota la franja que no debe tener sobrepeso alguno, la cual deberá protegerse contra la erosión.



NOTA:

α	β	H	h	t	FS	FS*
o	o	m	m	m	min.	min.
22.5°	93°	20.00	17.00	10.00	1.6	1.9
22.5°	90°	20.00	18.00	7.50	1.7	2.0
22.5°	75°	20.00	16.00	7.50	1.8	2.1

FS = FACTOR DE SEGURIDAD ACTUAL
 FS* = FACTOR DE SEGURIDAD CON EL MURO PROPUESTO
 EL VALOR MÍNIMO DE "t" A UTILIZAR EN PROYECTOS DE 5.00m
 H = ALTURA MÁXIMA DEL TALUD

II.3. PROYECTO DEFINITIVO

El talud en su parte superior deberá protegerse contra la erosión, para lo cual, se colocará un zampeado con salidas (lavaderos) de las aguas pluviales.

Para la colocación del zampeado, se limpiará la superficie de las zonas fisuradas, colocando piedra braza con una pendiente del 2% hacia la salida; deberá seguirse en lo posible la topografía actual del hombro del talud.

Las salidas de agua pluvial deberán estar bien selladas y descargarán directamente a la barranca; en la parte inferior se recibirá esta agua y se encauzará al drenaje municipal.

En el hombro del talud, como se indica en el plano MS-1, no se deberá construir ninguna vivienda, esta franja, está en peligro de colapso, dadas las fracturas que se aprecian. No se deberá descargar agua negra o pluvial en esta zona, estas aguas deberán encauzarse al drenaje de la calle de Palmas.

Al pie del talud, y para proteger a las viviendas que se localizan en ese sitio, se deberá colocar un muro de concreto, para retener los caídos y proporcionar un incremento del factor de seguridad a la estabilidad del talud. Entre el muro y la pared del talud, se colocará un relleno como se indica en el plano MS-1.

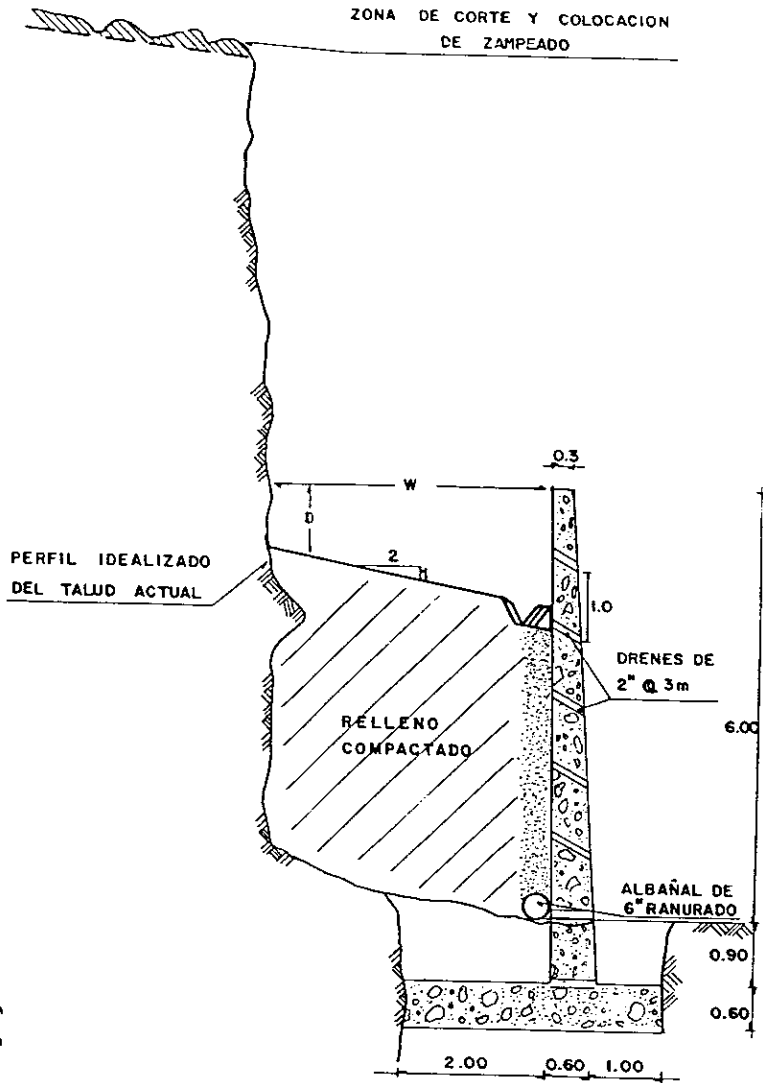
Entre las líneas A y B que marca el plano MS-1, no se permitirá ninguna construcción para vivienda, ya que es una zona de alto riesgo.

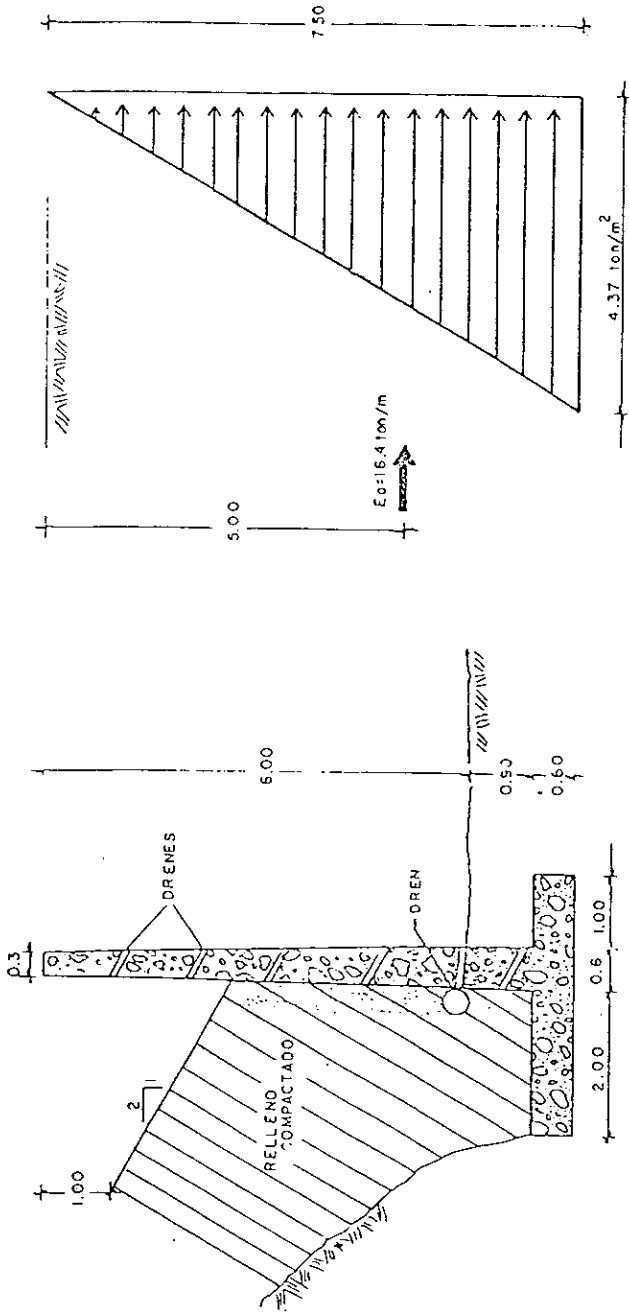
El muro deberá construirse como lo marca el plano estructural, dejando suficientes boquillas que permitan la salida del agua pluvial.

El material que se colocará como relleno será tepetate compactado al 80%, con excepción de las tres últimas capas, donde se compactará en un 95% de su peso volumétrico seco máximo. Se recomienda compactar en capas de 20 cm., con equipo ligero que no produzca vibraciones excesivas.

El agua de lluvia que saldrá de la parte superior, se encauzará por medio de una cuneta zampeada o revestida en la parte interior del muro, para conectarse a la red municipal.

Deberá efectuarse después de la temporada de lluvia y de cada sismo importante, un levantamiento topográfico de detalle que permita evaluar en cualquier momento el estado de equilibrio de los taludes; estas mediciones deberán ser interpretadas por un especialista en geotécnica, de tal manera que se pueda evaluar el comportamiento del macizo rocoso y si es necesario, tomar medidas preventivas que eviten la erosión en las zonas que así lo requieran.





ESC. 1:75
 ACOT., metros

II.4. PROCESO CONSTRUCTIVO.

A lo largo de los 270 metros de la pared del talud que requieren ser cubiertos por el muro, se pueden apreciar cuatro zonas fácilmente identificables, y en las cuales dividiremos nuestra obra para facilitar los trabajos.

La zona 1 es la que se considera como la de más alto riesgo, ya que en esta parte del talud se localizan algunas grietas de gran tamaño, e inclusive se han presentado derrumbes que han afectado a las construcciones que se localizan en la parte baja. Esto implica una necesidad de realizar un recorte de material antes de empezar con la construcción del muro en esta parte.

El tramo que corresponde a la zona 2 se caracteriza porque en el pie del talud se encuentra un hotel, cuya principal característica es que sus muros son de concreto armado, y por esto, después de un estudio, se concluyó que son lo suficientemente resistentes para absorber los empujes del material de relleno que se colocará, por lo que en el espacio que ocupa el hotel, no será necesario colocar ningún refuerzo adicional. Esto reduce la longitud del muro en esta zona a dos tramos localizados a ambos lados del hotel mencionado.

El talud en la zona 3 presenta en algunas de sus partes espacios con algunos volados donde se requieren realizar cortes al terreno. En esta parte del talud, a diferencia de la zona 1, el material se encuentra más compactado, lo que disminuye el riesgo de derrumbes.

Como se ha mencionado anteriormente, al pie del talud se localizan viviendas que complican un poco el proceso constructivo, pero en la zona 4 este problema se agudiza, ya que el talud se interna cada vez más en las zonas habitadas, haciendo más difícil el paso de maquinaria y equipo requeridos durante el proceso.

Para las características particulares de cada zona en las que se ha dividido el talud, el proceso constructivo deberá tener ciertas modificaciones que lo harán adaptarse a las condiciones que se presentan. En general se pretende subdividir cada zona en partes de 20 metros de longitud, hasta donde las condiciones del terreno lo permitan, con el fin de ir avanzando ordenadamente en la construcción del muro y, sobre todo, para facilitar los trabajos que vayan siendo requeridos.

A grandes rasgos, el proceso necesario para construir cada una de las partes que conformarán el muro, es el que se enuncia a continuación:

Recorte de paredes (en su caso).

Despalme.

Limpieza y desyerbe del terreno.

Trazo y nivelación.

Excavación.

Plantilla de concreto.

Habilitado de acero en zapatas.

Cimbra común de contacto en zapatas.

Colado de zapatas.

Descimbrado en zapatas.

Habilitado de acero en muro.

Colocación de drenes de P.V.C.

Cimbra común de contacto en muro.

Colado de muro.

Descimbrado en muro.

Recorte de talud.

Relleno.

Colocación de filtros de grava.

Fabricación de canales de desagüe.

Zampeado de piedra braza con mortero.

III. APLICACION DEL METODO DE LA RUTA CRITICA.

III. APLICACION DEL METODO DE LA RUTA CRITICA.

En este capítulo aplicaremos el Método de la Ruta Crítica al proyecto que nos ocupa en el presente trabajo. De aquí en adelante al referirnos a la aplicación del Método de la Ruta Crítica, tomaremos en cuenta que se le nombra así, pero sin embargo, se ha complementado y ayudado en la práctica de los diferentes métodos citados en el capítulo II. Se le dio el nombre de Método de la Ruta Crítica, por ser este método el que más aportaciones tiene.

Como primer paso es de vital importancia la "Descripción de la Actividades del Proyecto", para conocer el concepto de obra al cual nos estamos refiriendo, así como saber lo que esta englobando o sus limitaciones que tiene 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 del 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 la secuencia, duración, holgura y ruta crítica.

Con la obtención del "Diagrama de Barras" cerraremos el ciclo que completa 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 posibilidad de mover algunas actividades que tengan holgura.

III.1. DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO.

La intención de este subcapítulo es que mediante 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 cuales no. Es muy importante que la descripción de las actividades se haga con el mayor detalle posible para que posteriormente no se preste a confusión si algún concepto de obra se omitió y que mas adelante sea mas 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. Recorte de paredes.

Este concepto se refiere a desplazar los materiales que se encuentran en el hombro del talud presentando cierta inestabilidad, con el fin de evitar riesgos al personal que laborará al pie del mismo.

También se incluye la demolición de elementos estructurales de concreto (muros, traveses, losas y columnas) y de muros de tabique o block, procedentes de viviendas que se encuentran desalojadas debido al peligro que presentan.

B. Despalme.

Esta actividad tiene como fin el de dar forma al terreno sobre el que se va a trabajar, ya que las condiciones en las que se encuentra antes de iniciar los trabajos no permiten ninguna libertad para iniciar los trabajos.

C. Limpieza y desyerbe del terreno.

Se relaciona con el 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 y sin estorbos en lo que será el lugar de trabajo. Ataque obligado a mano e incluye los acarrees necesarios del material.

D. Trazo y nivelación.

Incluye la fijación del eje principal, los bancos de nivel y las 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 fijas para que no se muevan con cualquier roce accidental de maquinaria, aunque se debe tener la prevención de colocar señales alrededor de alguna o algunas referencias que se piense puedan pasar desapercibidas para aquellas personas que manejan la maquinaria pesada o camiones, que son las que más frecuentemente golpean o sacan de su lugar estas referencias.

E. Excavación.

Se requiere que en esta actividad se retire todo el material existente en el lugar donde se alojará la cimentación del muro, teniendo en consideración los niveles de desplante de esta. Material tipo II, de 0.00 a 2.00 m. de profundidad, incluye traspaleos, señalización, pasarelas y extracción a borde de cepa.

F. Plantilla de concreto.

En la base de la excavación, se colocará una plantilla hecha en obra de concreto pobre de 100 kg/cm² y de 8 cm. de espesor, con agregado máximo de 40 mm. Esta plantilla tiene como finalidad el 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.

G. Habilitado de acero en zapatas.

Se consideran los trabajos necesarios para la realización del habilitado del acero perteneciente a la cimentación, de acuerdo a las especificaciones del proyecto (diámetro de 3/8" y $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$).

También se toma en cuenta el acarreo del acero para colocarlo en el lugar requerido. En el habilitado del acero nos referimos a los trabajos necesarios para formar los armados de acero que se ahogarán en el concreto.

H. Cimbra común de contacto en zapatas.

La colocación de la cimbra se realiza para contener el concreto que será colado y así obtener la forma deseada de la pieza o piezas que se quieran construir.

I. Colado de zapatas.

Incluye la fabricación del concreto de resistencia especificada ($f_c=250 \text{ kg/cm}^2$) 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.

También se incluye: colado, herramienta, vibrador y curado.

J. Descimbrado de zapatas.

En esta actividad se contempla el retiro de la cimbra colocada en las zapatas, una vez que el concreto sea lo suficientemente resistente como para soportarlo sin correr el riesgo de fragmentarse.

K. Habilitado de acero en muro.

Aquí se toman en cuenta los trabajos que se requieren para habilitar el acero correspondiente al muro, de los distintos diámetros que se contemplan en el proyecto y con $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$. También se toma en cuenta el acarreo del acero para colocarlo en el lugar requerido.

L. Colocación de drenes de P.V.C.

La colocación de drenes de P.V.C. de 4" de diámetro, tiene como finalidad la de evitar que el agua se acumule en la parte posterior del muro. Se incluye también el acarreo de los drenes al sitio donde sean utilizados.

M. Cimbra común de contacto.

Se desarrolla esta actividad para contener y dar forma al concreto que se colocará para conformar el muro. Se dará un acabado aparente.

N. Colado de muro.

La fabricación del concreto de la resistencia especificada ($f'c=250 \text{ kg/cm}^2$) y con un tamaño máximo del agregado de 20 mm., se hará en planta, así como su traslado y colocación, corresponden a esta actividad. Incluye: colado, vibrador y curado.

O. Descimbrado en muros.

Contempla el retiro de la cimbra colocada en los muros, cuando así lo permitan las características del concreto que se ha colocado anteriormente.

P. Recorte de talud.

Una vez transcurrido el tiempo necesario para que el concreto colocado para formar el muro, haya adquirido su resistencia máxima, se procede a realizar un recorte al talud en las partes que así lo requieran, con el fin de dar al material su ángulo de reposo. El material producto de este recorte se tirará a la base del muro, ya que será utilizado como parte del relleno que se colocará posteriormente.

Q. Relleno.

El espacio que se tendrá entre el talud modificado y el muro construido se rellenará con tepetate, compactado al 80%, con excepción de las tres últimas capas, que será de 95% de su peso volumétrico seco máximo. Las capas referidas tendrán un espesor aproximado de 20 cm. y se deberán compactar con equipo ligero que no produzca grandes vibraciones.

La pendiente que se le dará a este relleno será la misma que tenga el talud con el fin de dar continuidad al corte.

R. Colocación de filtros de grava.

Con el fin de evitar el congestionamiento de los drenes en el muro, se colocarán filtros de grava en cada uno de estos. El acarreo de la grava también se incluye dentro de esta actividad.

S. Fabricación de canales de desagüe.

Se desarrollarán en forma longitudinal al muro de contención a base de concreto arinado con malla electrosoldada, esto con el fin de encauzar las aguas pluviales hacia los puntos que convengan para nuestro proyecto.

T. Zampeado de piedra braza con mortero.

La parte de talud que se encuentra expuesta a la intemperie se cubrirá mediante un zampeado de piedra braza con mortero cemento-arena, para evitar cualquier tipo de erosión que pueda provocar algún problema a la estabilidad del muro. Incluye acarreos.

III.2. ASIGNACION DE RECURSOS Y TIEMPOS.

Una cuantificación correcta 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 falta o excedencia de personal o material.

Para el cálculo de los rendimientos es indispensable la experiencia que se tenga en la realización de trabajos semejantes. La obtención de los volúmenes de obra se lleva a cabo mediante diversos métodos de medición desarrollados en el lugar. Es de gran importancia la exactitud, ya que de estos factores depende en gran parte la duración que se asigne a cada actividad, y si los realizamos con el debido cuidado no tendremos ningún problema en cuanto al tiempo que se tenga programado.

Por otro lado, con la finalidad de facilitar el proceso constructivo, se ha dividido el muro en secciones de veinte metros de longitud hasta donde las condiciones del terreno así lo permiten.

Respetando lo anterior, procedemos a indicar los recursos y tiempos en mano de obra.

A. Recorte de paredes

Cuadrilla: 1 cabo
8 peones

Rendimiento = 60 m³/día

FRENTE	VOLÚMEN	NÚMERO DE CUADRILLAS	DURACIÓN
ZONA 1	360 M ³	1	6 DÍAS
ZONA 3	240 M ³	1	4 DÍAS

B. Despalme.

Cuadrilla 1 cabo
5 peones

Rendimiento 675 m²/día

FRENTE	ÁREA	NÚMERO DE CUADRILLAS	DURACIÓN
ZONAS 1,2,3 Y 4	1,350 M ²	1	2 DÍAS

C. Limpieza y Desyerbe del terreno.

Cuadrilla: 1 cabo
5 peones

Rendimiento 675 m²/día

FRENTE	ÁREA	NÚMERO DE CUADRILLAS	DURACIÓN
ZONAS 1,2,3 Y 4	1,350 M ²	1	2 DÍAS

D. Trazo y Nivelación.

Cuadrilla: 1 ingeniero topógrafo
 1 auxiliar de topógrafo
 4 cadeneros
 1 peón

Rendimiento=1,350 m²/día

FRENTE	ÁREA	NÚMERO DE CUADRILLAS	DURACIÓN
ZONAS 1,2,3 Y 4	1,350 M ²	1	1 DÍA

E. Excavación.

Cuadrilla: 3 cabos
 30 peones

Rendimiento=80m³/día

FRENTE	VOLUMEN	NÚMERO DE CUADRILLAS	DURACIÓN
ZONA 1	400 M ³	1	5 DÍAS
ZONA 2	160 M ³	1	2 DÍAS
ZONA 3	160 M ³	1	2 DÍAS
ZONA 4	320 M ³	1	4 DÍAS

F. Plantilla de concreto (sección de 20 m. de longitud).

Cuadrilla: 1 cabo
 1 oficial
 2 peones

Rendimiento=16 m³/día

FRENTE	VOLUMEN	NÚMERO DE CUADRILLAS	DURACIÓN
ZONAS 1,2,3 Y 4	16 M ³	1	1 DÍA

G. Habilitado de acero en zapatas.

Cuadrilla: 3 cabos
 6 oficiales
 6 ayudantes

Rendimiento=1,875 kg/día

FRENTE	PESO	NÚMERO DE CUADRILLAS	DURACIÓN
ZONA 1	15,000 KG	1	8 DÍAS
ZONA 2	6,000 KG	1	3 DÍAS
ZONA 3	6,000 KG	1	3 DÍAS
ZONA 4	12,000 KG	1	6 DÍAS

H. Cimbra común de contacto en zapatas.

Cuadrilla: 4 oficiales carpinteros
5 ayudantes

Rendimiento=125 m²/día

FRENTE	ÁREA	NÚMERO DE CUADRILLAS	DURACIÓN
ZONA 1	125 M ²	1	1 DÍA
ZONA 2	50 M ²	1	0.5 DÍAS
ZONA 3	50 M ²	1	0.5 DÍAS
ZONA 4	100 M ²	1	1 DÍA

I. Colado de zapatas (20 m. de longitud).

Cuadrilla: 1 cabo
2 oficiales albañiles
7 peones

Rendimiento=45 m³/día

FRENTE	VOLÚMEN	NÚMERO DE CUADRILLAS	DURACIÓN
ZONAS 1,2,3 Y 4	45 M ³	1	1 DÍA

J. Descimbrado de zapatas.

Cuadrilla: 5 oficiales carpinteros
10 ayudantes

Rendimiento=250 m²/día

FRENTE	ÁREA	NÚMERO DE CUADRILLAS	DURACIÓN
ZONA 1	125 M ²	1	0.5 DÍAS
ZONA 2	50 M ²	1	0.3 DÍAS
ZONA 3	50 M ²	1	0.3 DÍAS
ZONA 4	100 M ²	1	0.5 DÍAS

K. Habilitado de acero en muro.

Cuadrilla: 3 cabos
10 oficiales
10 ayudantes

Rendimiento=2,500 kg/día

FRENTE	PESO	NÚMERO DE CUADRILLAS	DURACIÓN
ZONA 1	25,000 KG	1	0.5 DÍAS
ZONA 2	10,000 KG	1	0.3 DÍAS
ZONA 3	10,000 KG	1	0.3 DÍAS
ZONA 4	15,000 KG	1	0.5 DÍAS

L. Colocación de drenes de PVC.

Cuadrilla: 1 oficial
2 ayudantes

Rendimiento= 125 Pzas/día

FRENTE	PIEZAS	NÚMERO DE CUADRILLAS	DURACIÓN
ZONA 1	125	1	1DÍA
ZONA 2	50	1	0.5 DÍAS
ZONA 3	50	1	0.5 DÍAS
ZONA 4	100	1	1 DÍA

M. Cimbra común de contacto en muro.

Cuadrilla: 4 oficiales carpinteros
4 ayudantes

Rendimiento=175 m2/día

FRENTE	ÁREA	NÚMERO DE CUADRILLAS	DURACIÓN
ZONA 1	1,400 M ²	2	8 DÍAS
ZONA 2	280 M ²	1	1.5 DÍAS
ZONA 3	280 M ²	1	1.5 DÍAS
ZONA 4	560 M ²	1	3 DÍAS

N. Colado en muro (Sección de 20 m. de longitud).

Cuadrilla: 1 cabo
2 oficiales albañiles
7 peones

Rendimiento=65 m3/día

FRENTE	VOLUMEN	NÚMERO DE CUADRILLAS	DURACIÓN
ZONAS 1,2,3 Y 4	65 M ³	1	1 DÍA

O. Descimbrado de muro.

Cuadrilla: 5 oficiales carpinteros
10 ayudantes

Rendimiento=1,400 m2/día

FRENTE	ÁREA	NÚMERO DE CUADRILLAS	DURACIÓN
ZONA 1	1,400 M ²	2	8 DÍAS
ZONA 2	280 M ²	1	1.5 DÍAS
ZONA 3	280 M ²	1	1.5 DÍAS
ZONA 4	560 M ²	1	3 DÍAS

P. Recorte de talud.

Cuadrilla: 3 cabos
20 peones

Rendimiento=125 m³/día

FRENTE	VOLÚMEN	NÚMERO DE CUADRILLAS	DURACIÓN
ZONA 1	500 M ³	1	4 DÍAS
ZONA 2	250 M ³	1	2 DÍAS
ZONA 3	250 M ³	1	2 DÍAS
ZONA 4	365 M ³	1	3 DÍAS

Q. Relleno.

Cuadrilla: 3 cabos
10 peones

Rendimiento=50 m³/día

FRENTE	VOLÚMEN	NÚMERO DE CUADRILLAS	DURACIÓN
ZONA 1	200 M ³	1	4 DÍAS
ZONA 2	75 M ³	1	1.5 DÍAS
ZONA 3	75 M ³	1	1.5 DÍAS
ZONA 4	150 M ³	1	3 DÍAS

R. Colocación de filtros de grava.

Cuadrilla: 1 cabo
2 peones

Rendimiento=50 m³/día

FRENTE	VOLÚMEN	NÚMERO DE CUADRILLAS	DURACIÓN
ZONA 1	50 M ³	1	1 DÍA
ZONA 2	25 M ³	1	0.5 DÍAS
ZONA 3	25 M ³	1	0.5 DÍAS
ZONA 4	40 M ³	1	1 DÍA

S. Fabricación de canales de desagüe.

Cuadrilla: 1 oficial
2 peones

Rendimiento=12.5 m/día

FRENTE	LONGITUD	NÚMERO DE CUADRILLAS	DURACIÓN
ZONA 1	100 M	1	8 DÍAS
ZONA 2	40 M	1	3 DÍAS
ZONA 3	40 M	1	3 DÍAS
ZONA 4	80 M ³	1	6.5 DÍAS

T. Zampeado de piedra braza con mortero.

Cuadrilla: 10 oficiales
15 peones

Rendimiento=100 m²/día

FRENTE	ÁREA	NÚMERO DE CUADRILLAS	DURACIÓN
ZONA 1	500 M ²	1	6 DÍAS
ZONA 2	200 M ²	1	2 DÍAS
ZONA 3	200 M ²	1	2 DÍAS
ZONA 4	400 M ²	1	4 DÍAS

III.3. DIAGRAMA DE FLECHAS.

A continuación se procederá a elaborar la representación visual del Método del Camino Crítico, mediante el Diagrama de Flechas o Red de Actividades, que muestra en forma gráfica el conjunto de operaciones del Proyecto y sus interrelaciones.

III.4. DIAGRAMA DE BARRAS.

Con los datos obtenidos se procede a la elaboración del Diagrama de Barras que se muestra a continuación.

De los Diagramas de Flechas y de Barras conseguidos se tienen varios puntos para considerarse respecto a las actividades "no críticas":

Estas actividades pueden retrasarse cierta cantidad de tiempo sin afectar la fecha próxima de iniciación de la siguiente actividad.

Por lo anterior se puede retrasar la fecha de iniciación de estas actividades, o bien alargar su tiempo de ejecución; todo sin afectar la duración total del proyecto.

Con base en lo anterior se dice que estas actividades tienen holgura.

Tomando en cuenta lo anterior, se procede a elaborar una hoja de programación que contenga la siguiente información para cada actividad:

Duración.

Tiempo de Inicio más Próximo.

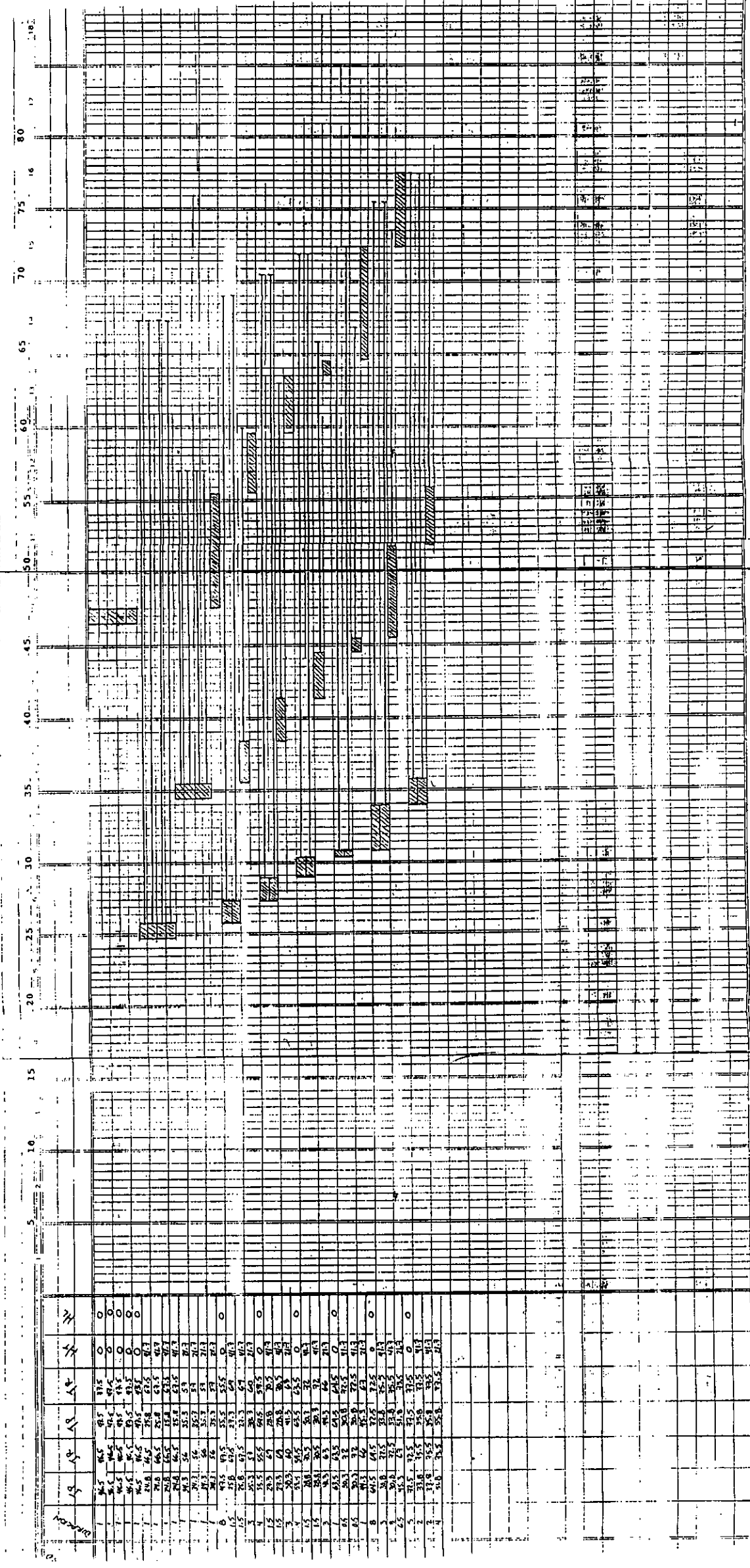
Tiempo de Terminación más Próximo.

Tiempo de Inicio más Remoto.

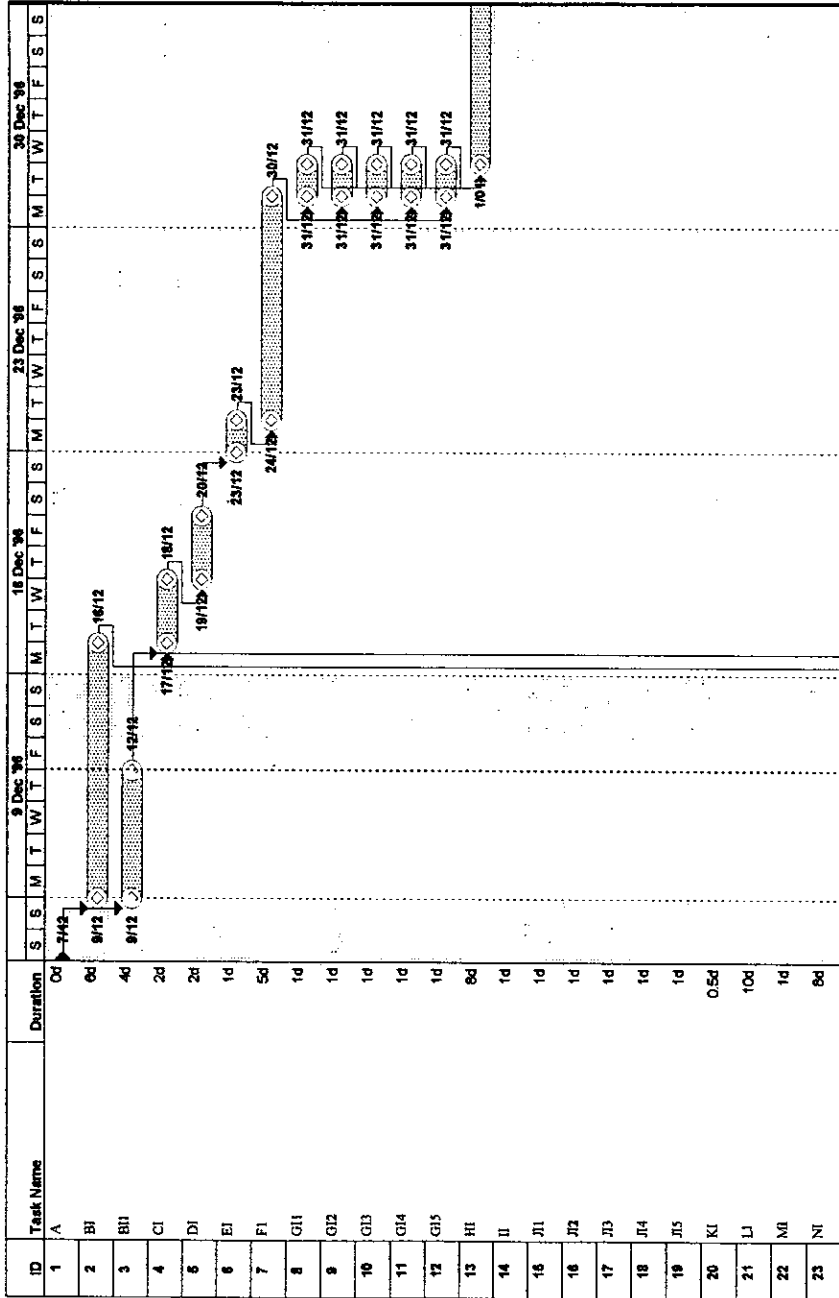
Tiempo de Terminación más Remoto.

Holgura Total.

Holgura Libre.

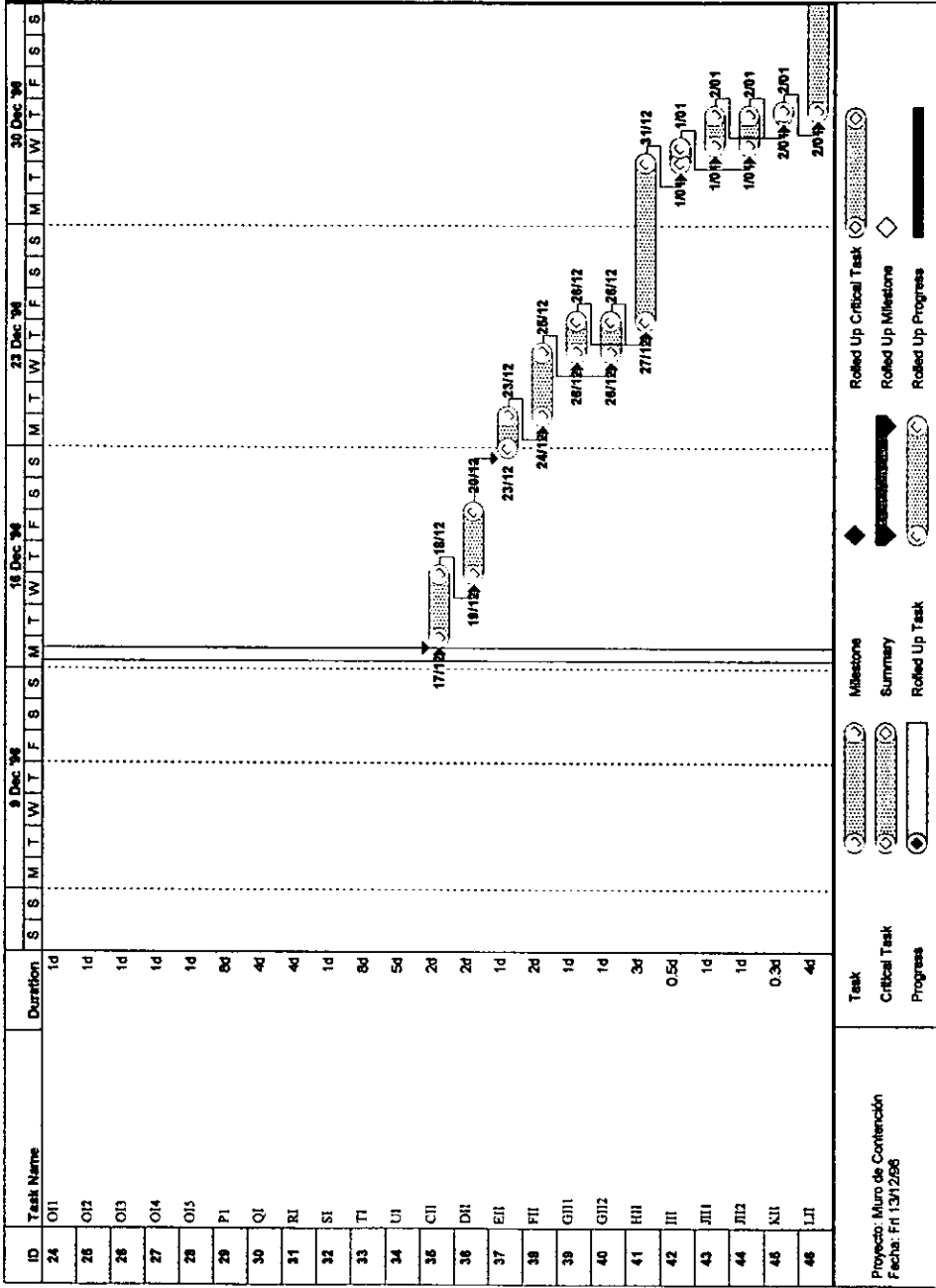


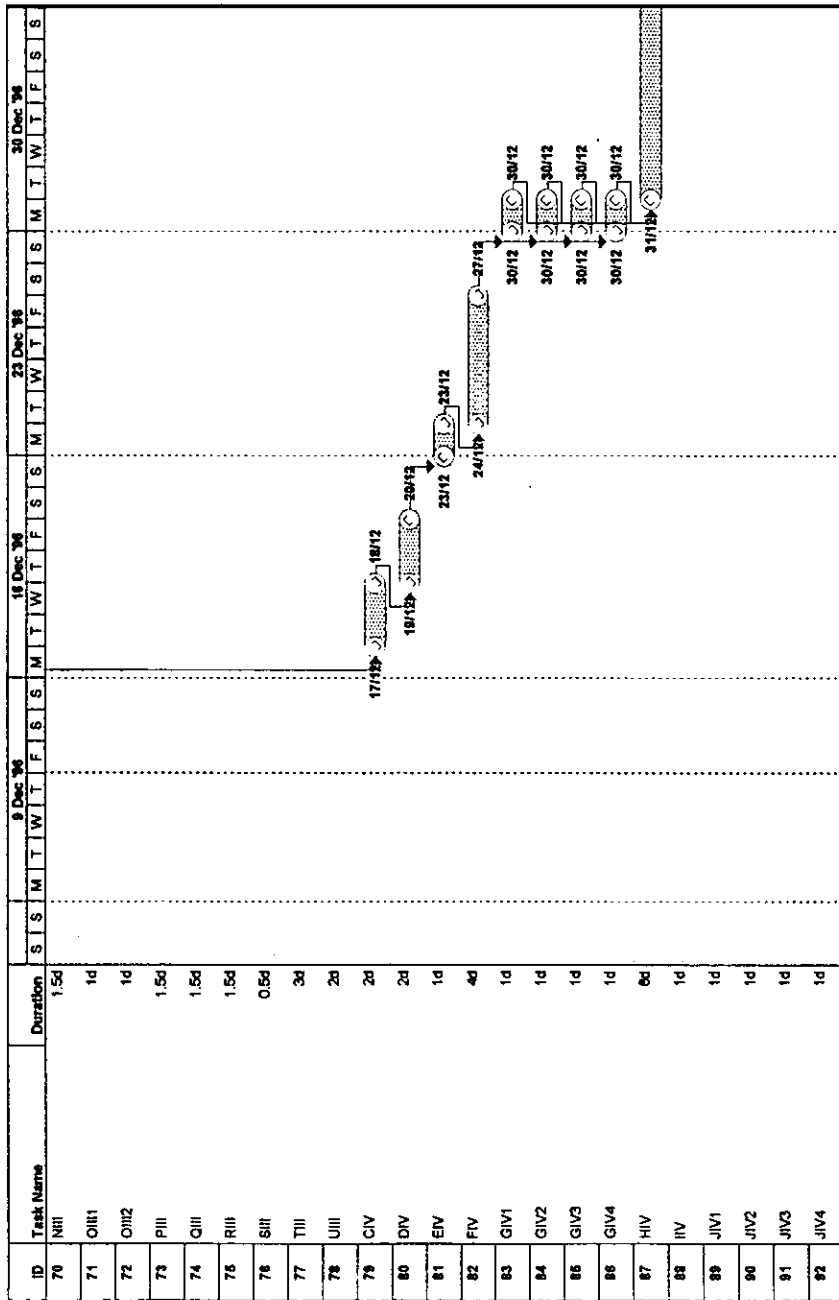
Layer No.	Material	Thickness (mm)	Weight (kg/m²)	Volume (m³)	Area (m²)
1	Concrete	100	2400	240	100
2	Concrete	100	2400	240	100
3	Concrete	100	2400	240	100
4	Concrete	100	2400	240	100
5	Concrete	100	2400	240	100
6	Concrete	100	2400	240	100
7	Concrete	100	2400	240	100
8	Concrete	100	2400	240	100
9	Concrete	100	2400	240	100
10	Concrete	100	2400	240	100
11	Concrete	100	2400	240	100
12	Concrete	100	2400	240	100
13	Concrete	100	2400	240	100
14	Concrete	100	2400	240	100
15	Concrete	100	2400	240	100
16	Concrete	100	2400	240	100
17	Concrete	100	2400	240	100
18	Concrete	100	2400	240	100
19	Concrete	100	2400	240	100
20	Concrete	100	2400	240	100
21	Concrete	100	2400	240	100
22	Concrete	100	2400	240	100
23	Concrete	100	2400	240	100
24	Concrete	100	2400	240	100
25	Concrete	100	2400	240	100
26	Concrete	100	2400	240	100
27	Concrete	100	2400	240	100
28	Concrete	100	2400	240	100
29	Concrete	100	2400	240	100
30	Concrete	100	2400	240	100
31	Concrete	100	2400	240	100
32	Concrete	100	2400	240	100
33	Concrete	100	2400	240	100
34	Concrete	100	2400	240	100
35	Concrete	100	2400	240	100
36	Concrete	100	2400	240	100
37	Concrete	100	2400	240	100
38	Concrete	100	2400	240	100
39	Concrete	100	2400	240	100
40	Concrete	100	2400	240	100
41	Concrete	100	2400	240	100
42	Concrete	100	2400	240	100
43	Concrete	100	2400	240	100
44	Concrete	100	2400	240	100
45	Concrete	100	2400	240	100
46	Concrete	100	2400	240	100
47	Concrete	100	2400	240	100
48	Concrete	100	2400	240	100
49	Concrete	100	2400	240	100
50	Concrete	100	2400	240	100
51	Concrete	100	2400	240	100
52	Concrete	100	2400	240	100
53	Concrete	100	2400	240	100
54	Concrete	100	2400	240	100
55	Concrete	100	2400	240	100
56	Concrete	100	2400	240	100
57	Concrete	100	2400	240	100
58	Concrete	100	2400	240	100
59	Concrete	100	2400	240	100
60	Concrete	100	2400	240	100
61	Concrete	100	2400	240	100
62	Concrete	100	2400	240	100
63	Concrete	100	2400	240	100
64	Concrete	100	2400	240	100
65	Concrete	100	2400	240	100
66	Concrete	100	2400	240	100
67	Concrete	100	2400	240	100
68	Concrete	100	2400	240	100
69	Concrete	100	2400	240	100
70	Concrete	100	2400	240	100
71	Concrete	100	2400	240	100
72	Concrete	100	2400	240	100
73	Concrete	100	2400	240	100
74	Concrete	100	2400	240	100
75	Concrete	100	2400	240	100
76	Concrete	100	2400	240	100
77	Concrete	100	2400	240	100
78	Concrete	100	2400	240	100
79	Concrete	100	2400	240	100
80	Concrete	100	2400	240	100



Task
 Milestone
 Critical Task
 Summary
 Progress
 Rolled Up Critical Task
 Rolled Up Milestone
 Rolled Up Progress

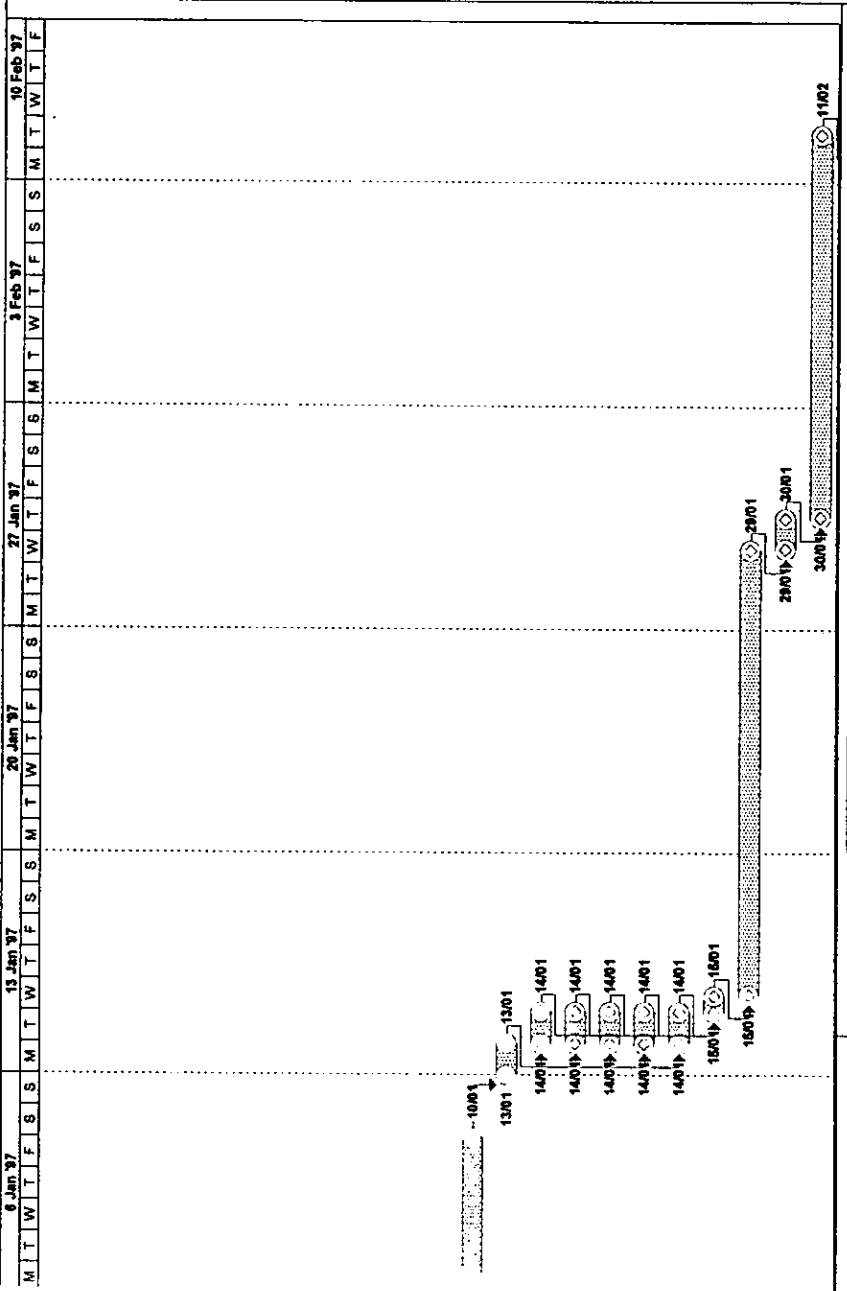
Proyecto: Museo de Contención
 Fecha: F1/13/2/96





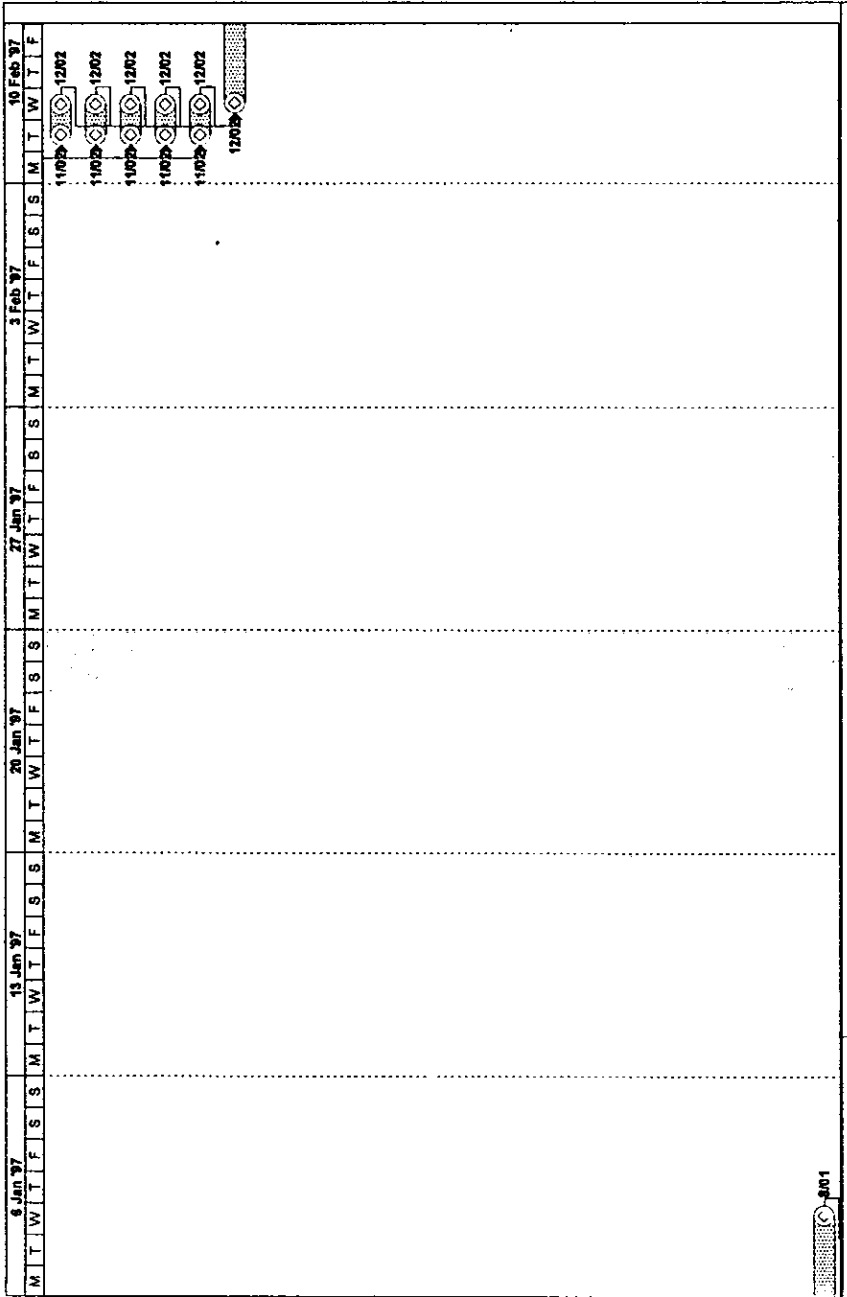
Projecto: Muro de Contención
 Fecha: Fri 13/1/2006

Task		Milestone	
Critical Task		Summary	
Progress		Roll Up Task	
		Roll Up Critical Task	
		Roll Up Milestone	
		Roll Up Progress	

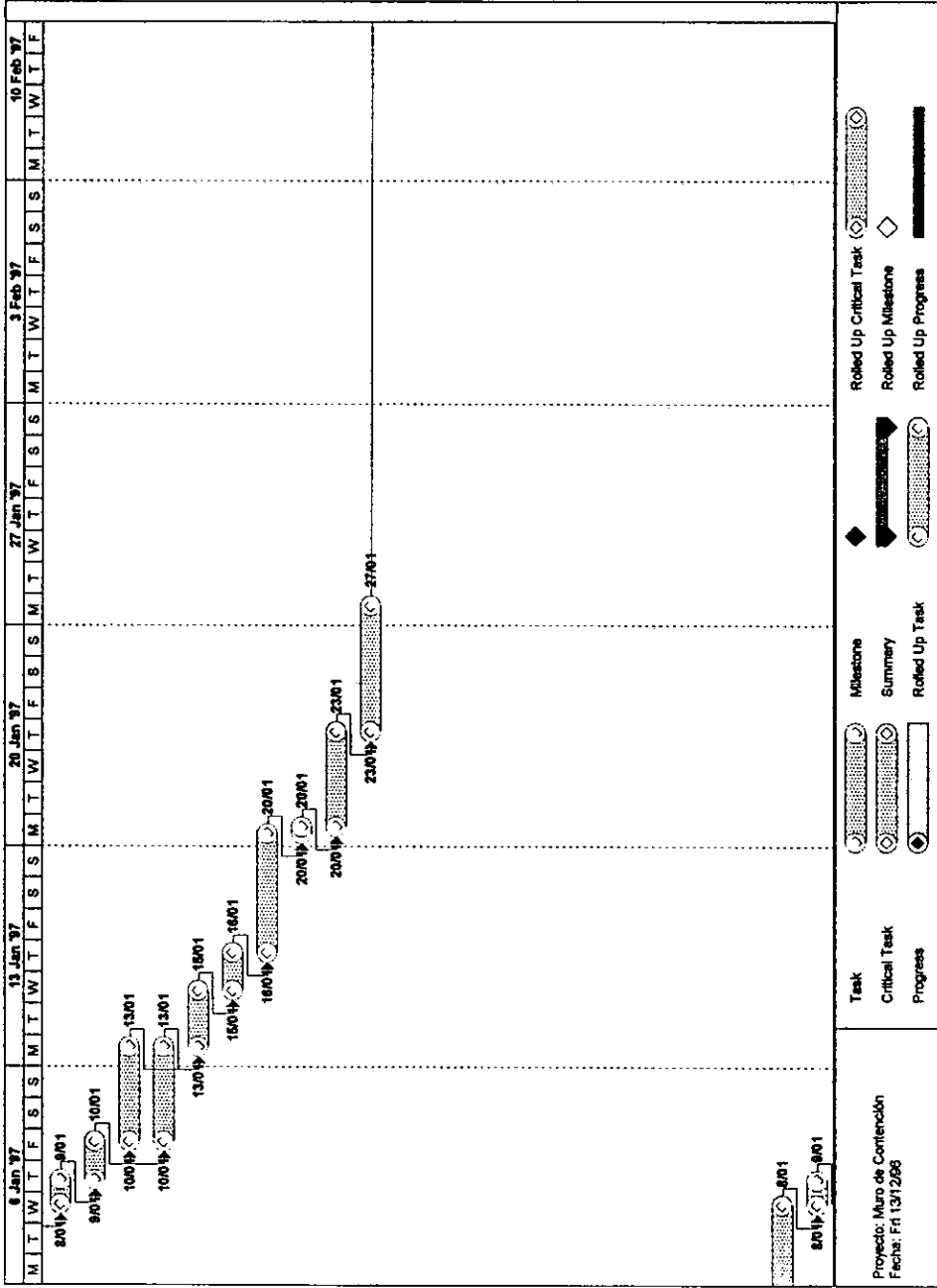


Proyecto: Muro de Contención
 Fecha: Fri 13/12/98

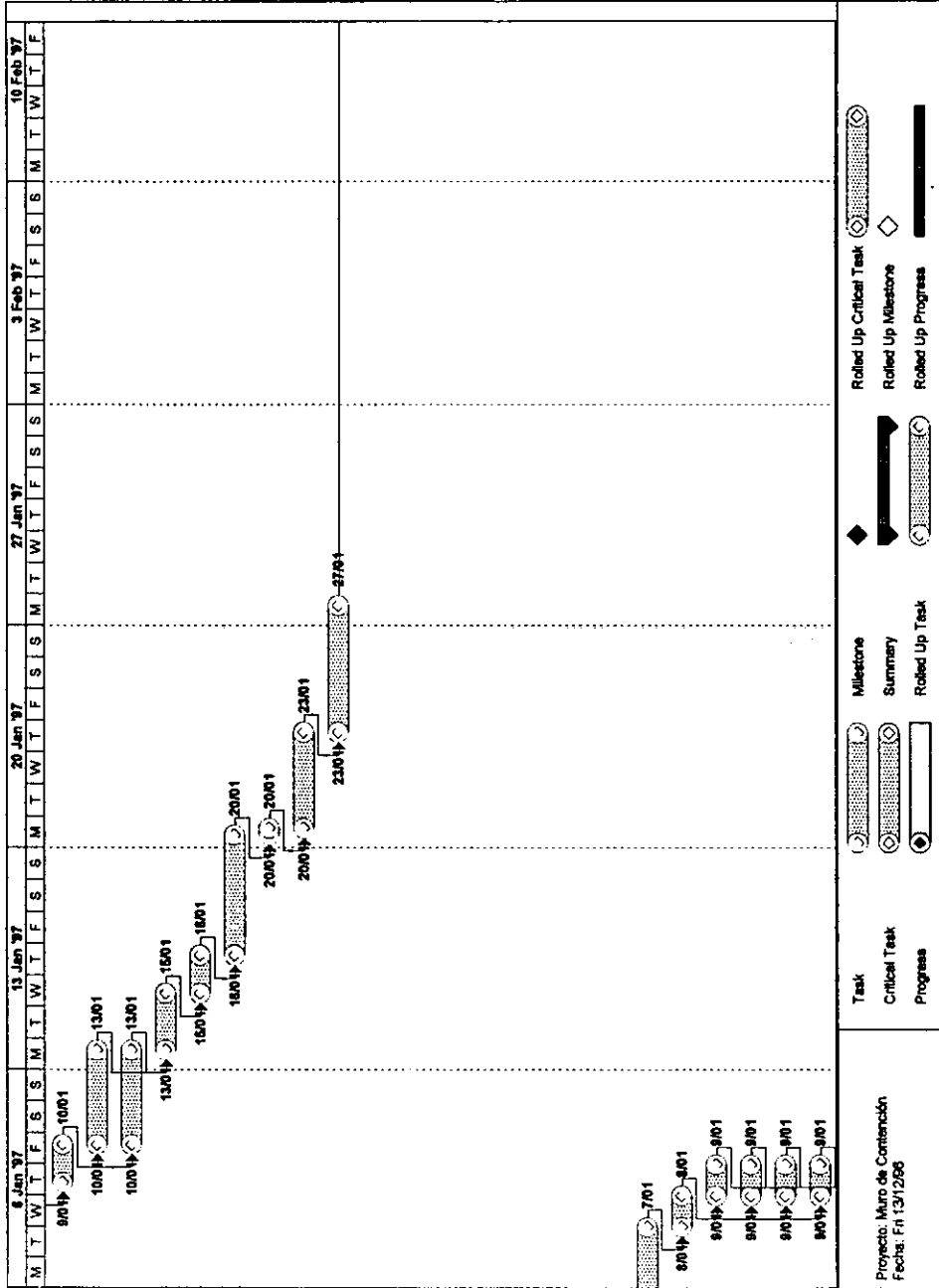
- Task
- Critical Task
- Progress
- Milestone
- Summary
- Rolled Up Task
- Rolled Up Critical Task
- Rolled Up Milestone
- Rolled Up Progress



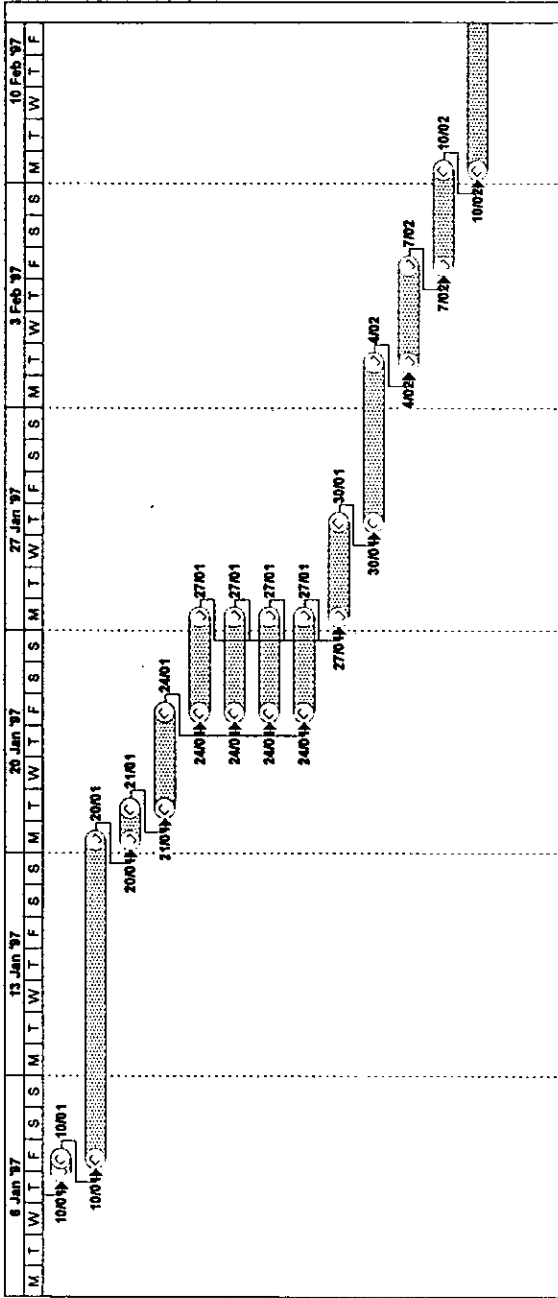
Projecto: Muro de Contención
 Fecha: Fri 13/1/2000



Proyecto: Muro de Contención
 Fecha: F4 13/1/2000

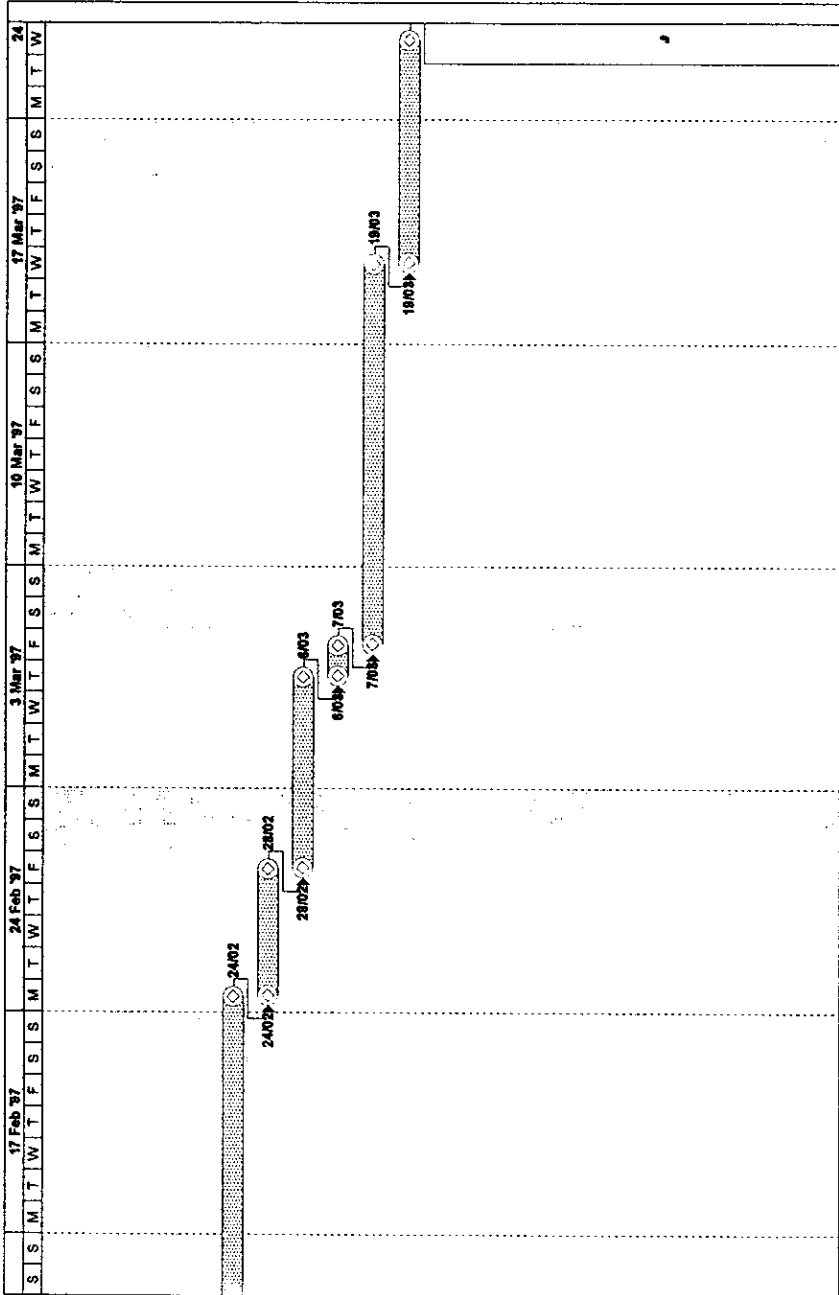


Proyecto: Muro de Contención
 Fecha: Ft 13/2/96



Proyecto: Muro de Contención Fecha: F11 13/12/96	Task Critical Task Progress		Milestone Summary Rolled Up Task	
---	-----------------------------------	--	--	--

		17 Feb '97			24 Feb '97			3 Mar '97			10 Mar '97			17 Mar '97			24			
S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	M	T	W
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;"> <p>Proyecto: Muro de Contención Fecha: FRI 13/7/2006</p> </div> <div style="width: 60%; border-bottom: 1px dashed black; height: 100px;"></div> <div style="width: 15%; border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; padding: 5px;"> <p>Task</p> <p>Critical Task</p> <p>Progress</p> </div> <div style="width: 10%; border-left: 1px dashed black; padding: 5px;"> <p>Milestone</p> <p>Summary</p> <p>Rolled Up Task</p> </div> <div style="width: 10%; border-left: 1px dashed black; padding: 5px;"> <p>Rolled Up Critical Task</p> <p>Rolled Up Milestone</p> <p>Rolled Up Progress</p> </div> </div>																				



Projecto: Muro de Contención
Fecha: Ft 13/1298

Task		Milestone		Rolled Up Critical Task	
Critical Task		Summary		Rolled Up Milestone	
Progress		Rolled Up Task		Rolled Up Progress	

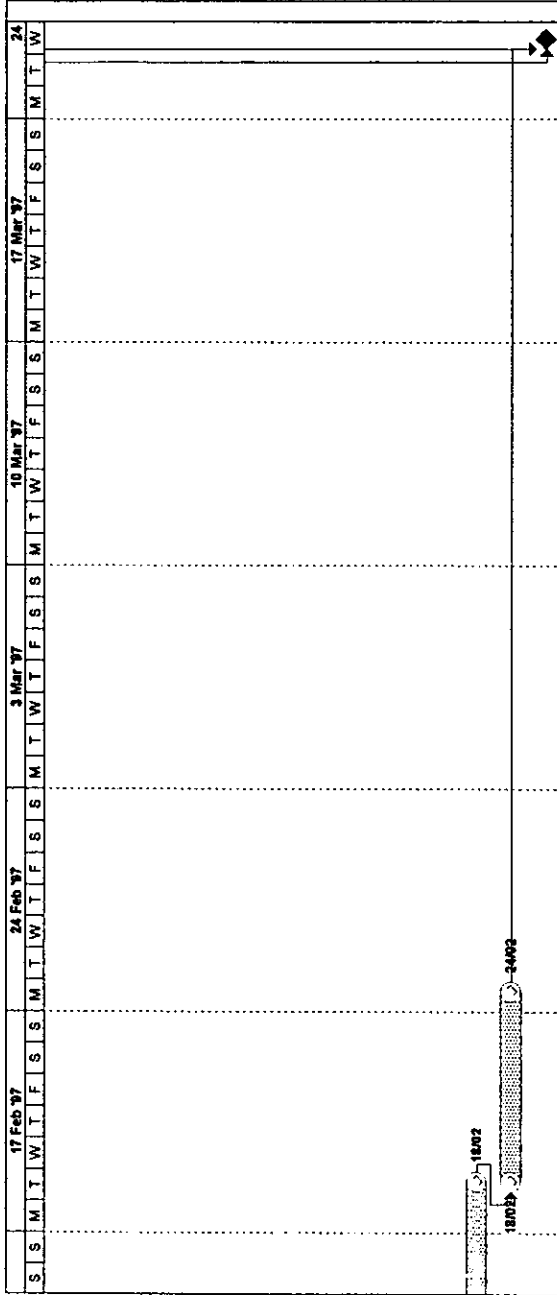
17 Feb '97			24 Feb '97			3 Mar '97			10 Mar '97			17 Mar '97			24 Mar '97			
S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W










Proyecto: Muro de Contención
 Fecha: 17/12/96

Task
 Critical Task
 Progress

Milestone
 Summary
 Rolled Up Task

Rolled Up Critical Task
 Rolled Up Milestone
 Rolled Up Progress



Proyecto: Muro de Contención Fecha: Fh 13/12/96	<ul style="list-style-type: none"> Task  Critical Task  Progress  	<ul style="list-style-type: none"> Milestone  Summary  Rolled Up Task  	<ul style="list-style-type: none"> Rolled Up Critical Task  Rolled Up Milestone  Rolled Up Progress 
--	---	---	---

IV. ASIGNACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE RECURSOS.

IV. ASIGNACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE RECURSOS.

El plan del proyecto de construcción de nuestra obra determina su duración, los recursos necesarios para ejecutar cada actividad y la secuencia de realización requerida de cada una de ellas. Por otra parte, el programa ha establecido los tiempos esperados de iniciación y terminación de cada actividad, y se formuló asignando recursos hasta el límite de disponibilidad, de acuerdo a las necesidades establecidas en el plan.

El programa final ha sido el resultado de la aplicación de varios métodos para lograr su obtención. Por ejemplo, todas las actividades se inician tan pronto como sea posible y los recursos se ponen a disposición, de conformidad con este principio. Otro enfoque es establecer algún límite de recursos arbitrario y a continuación trabajar con el programa. Si el límite es demasiado bajo, la duración del proyecto puede ser mayor que la necesaria; por otra parte, si el límite es demasiado alto, pueden resultar desperdicios.

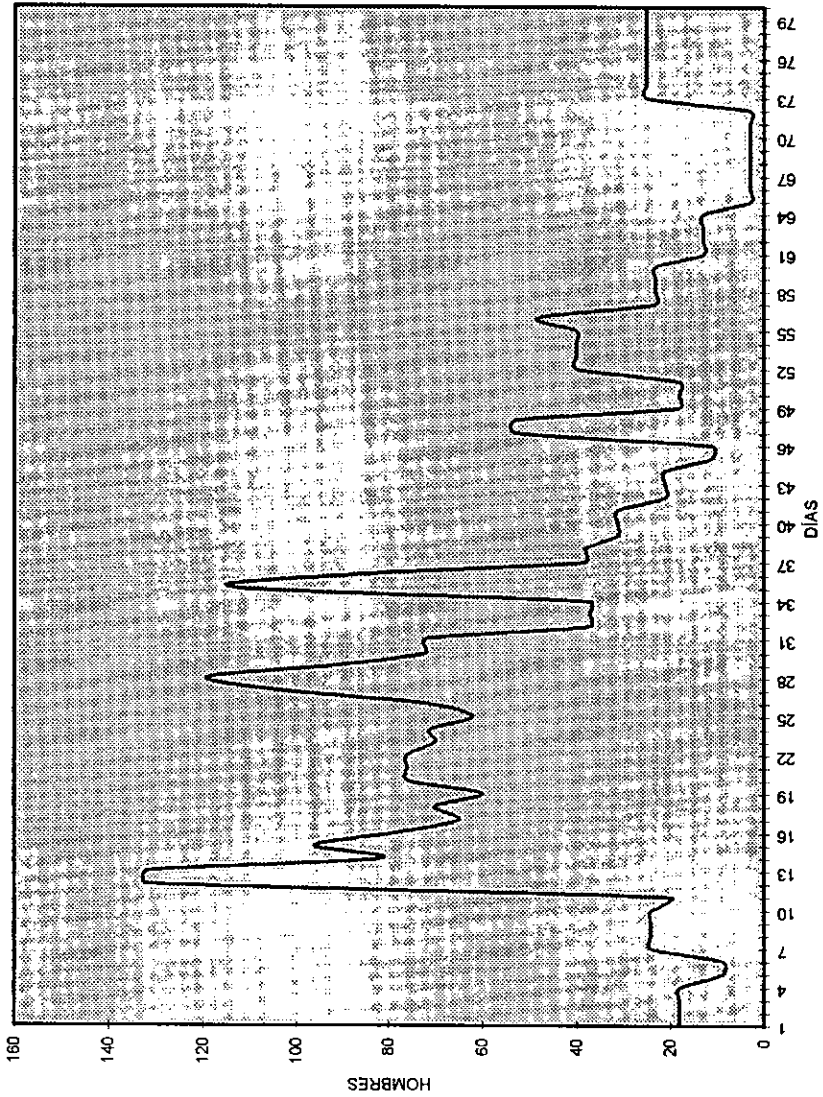
Ninguna solución es adecuada, ya que las dos ignoran la "nivelación". Ciertamente los recursos deben ser asignados de acuerdo a las necesidades, pero deben usarse también de manera tal que los costos se minimicen.

La nivelación puede considerarse bajo tres categorías separadas: variable, fija y combinada. Aunque el concepto será explicado haciendo referencia solamente a uno de los posibles recursos (mano de obra), los principios son igualmente aplicables a todos los recursos.

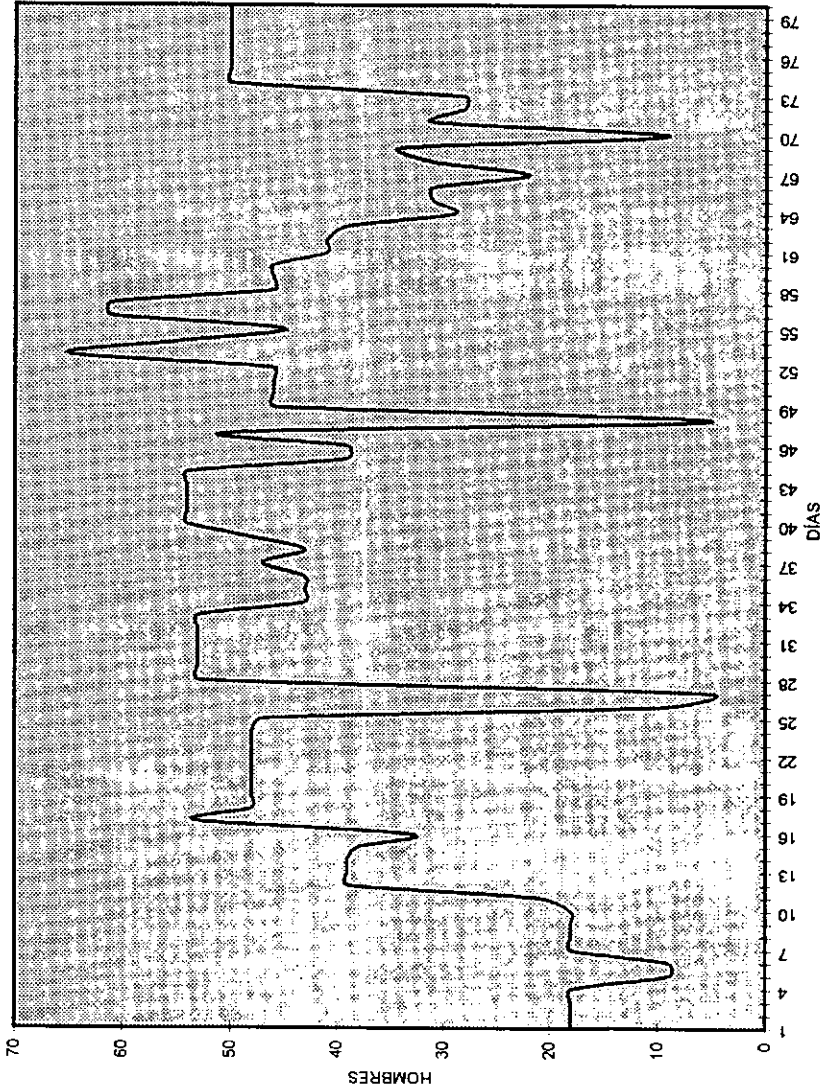
IV.1. NIVELACIÓN VARIABLE

La siguiente gráfica ilustra la nivelación inicial de nuestro proyecto, indicando el número de hombres programado para realizar varias operaciones de acuerdo con el tiempo disponible, en la cual no se consideró ninguna limitación de hombres para trabajar en el proyecto:

NIVELACIÓN VARIABLE (PRELIMINAR)



NIVELACIÓN VARIABLE (AJUSTADO)



RIVELACION DE MANO DE OBRA

DIAS

0

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

70

75

80

85

90

95

100

105

110

115

120

125

130

135

140

145

150

155

160

165

170

175

180

185

190

195

200

205

210

215

220

225

230

235

240

245

250

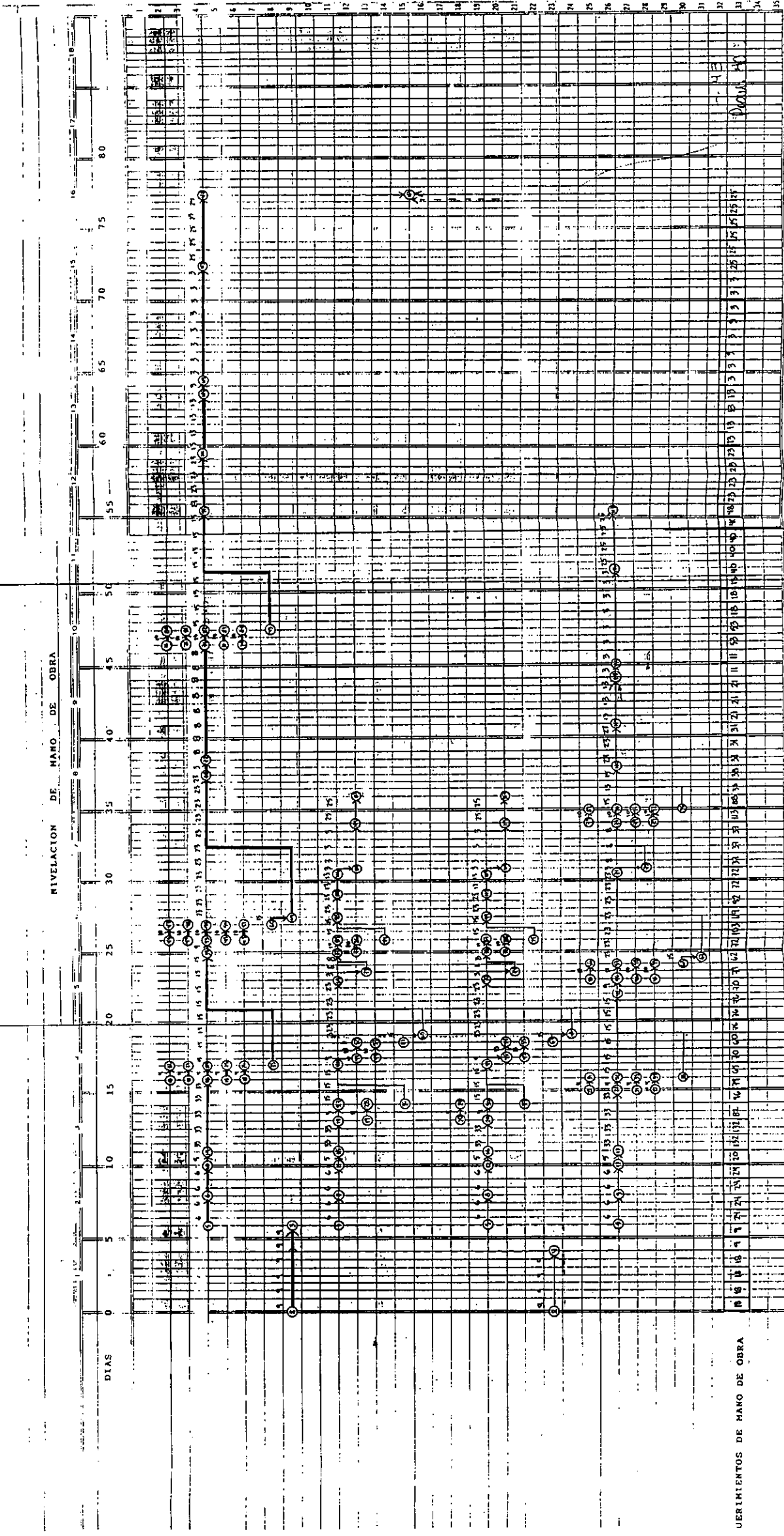
255

260

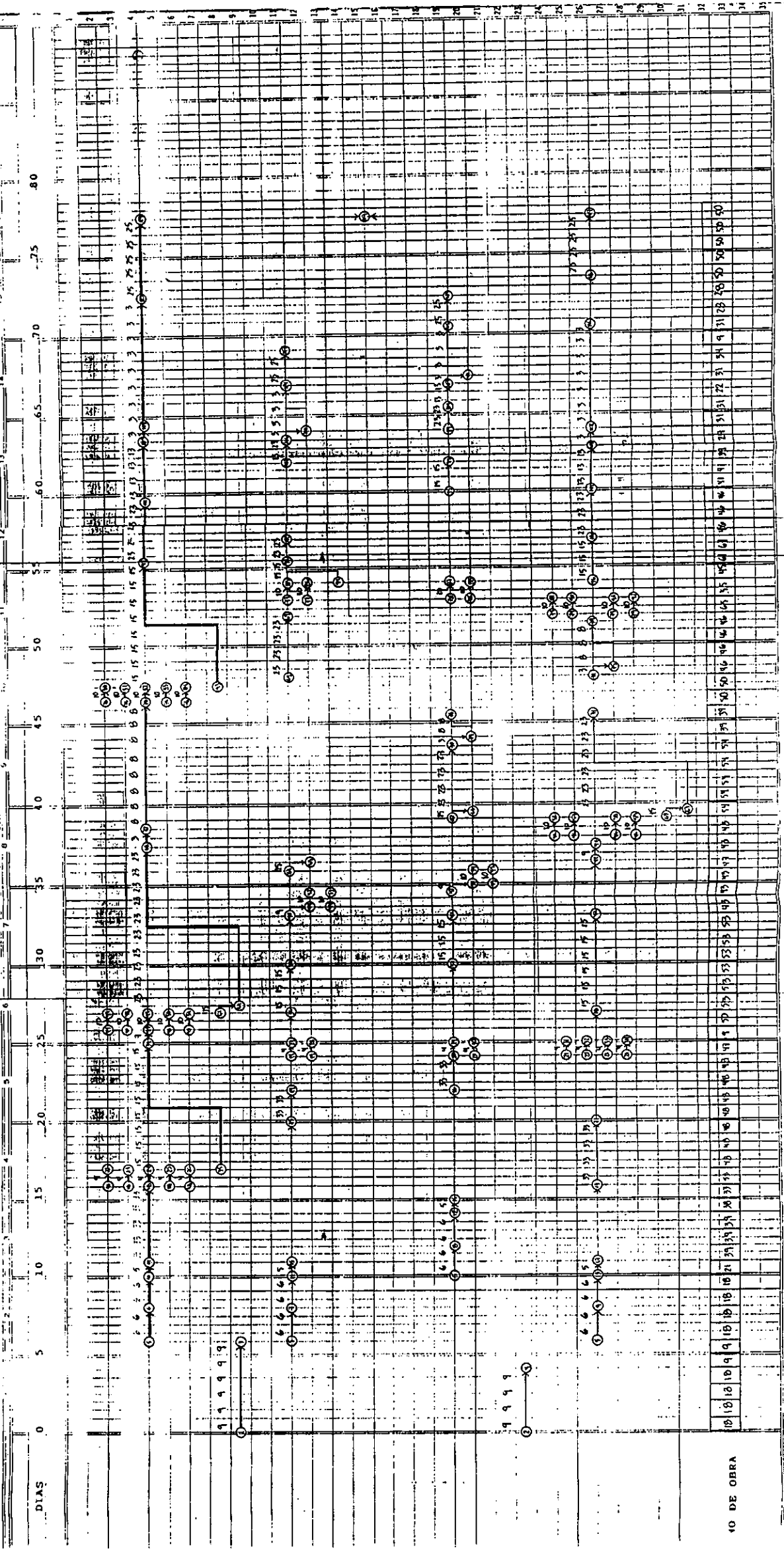
URTIENTOS DE MANO DE OBRA

43

40



NIVELACION DE MANO DE OBRA



El problema que surge es causado por el nivel fluctuante de la demanda de trabajadores. Pueden necesitarse 20 trabajadores un día, 132 al siguiente y 82 un día después. Hacer entrar y salir del proyecto a estos hombres es costoso e ineficiente. Además, sino se hace un intento de controlar una fuerza variable de esta clase, los costos de mano de obra se incrementarán y las demandas extremas serán difíciles de cumplir. Lo que es más, los trabajadores de confianza serán los primeros en irse a otros trabajos que ofrezcan mayor seguridad. En consecuencia la demanda de trabajadores debe nivelarse tanto como sea posible. En estas condiciones el procedimiento de programación ideal debe ser el establecer un crecimiento gradual de personal, que de preferencia alcance un máximo único cerca del final del proyecto.

Lo usual es aumentar la fuerza de trabajo solamente cuando se necesita mano de obra adicional, nunca transfiriendo personal a otro proyecto hasta que sus servicios no se necesiten más. Una vez que se alcanza el número máximo de trabajadores, debe haber una reducción gradual de la fuerza de trabajo. El resultado quedará representado por una curva más constante que señale las necesidades de fuerza humana, que aumente sobre la escala de tiempo hasta un máximo de demanda y después decrece gradualmente hasta la terminación del proyecto.

El problema variable puede definirse como la necesidad de programar el uso de cada recurso por tipo mayor y dentro de cada clasificación según subtipos específicos, de tal modo que cada tipo (individualmente) y todos los tipos y clasificaciones (colectivamente) sigan la misma ley de variación. A partir del punto de mínima utilización, la necesidad de fuerza humana aumenta; una vez que se alcanza un máximo, la necesidad decrece enseguida hasta un mínimo final al terminar el proyecto, sin que ocurran aumentos adicionales. Lo mismo podría aplicarse a cualquier número de proyectos que fueran realizados simultáneamente.

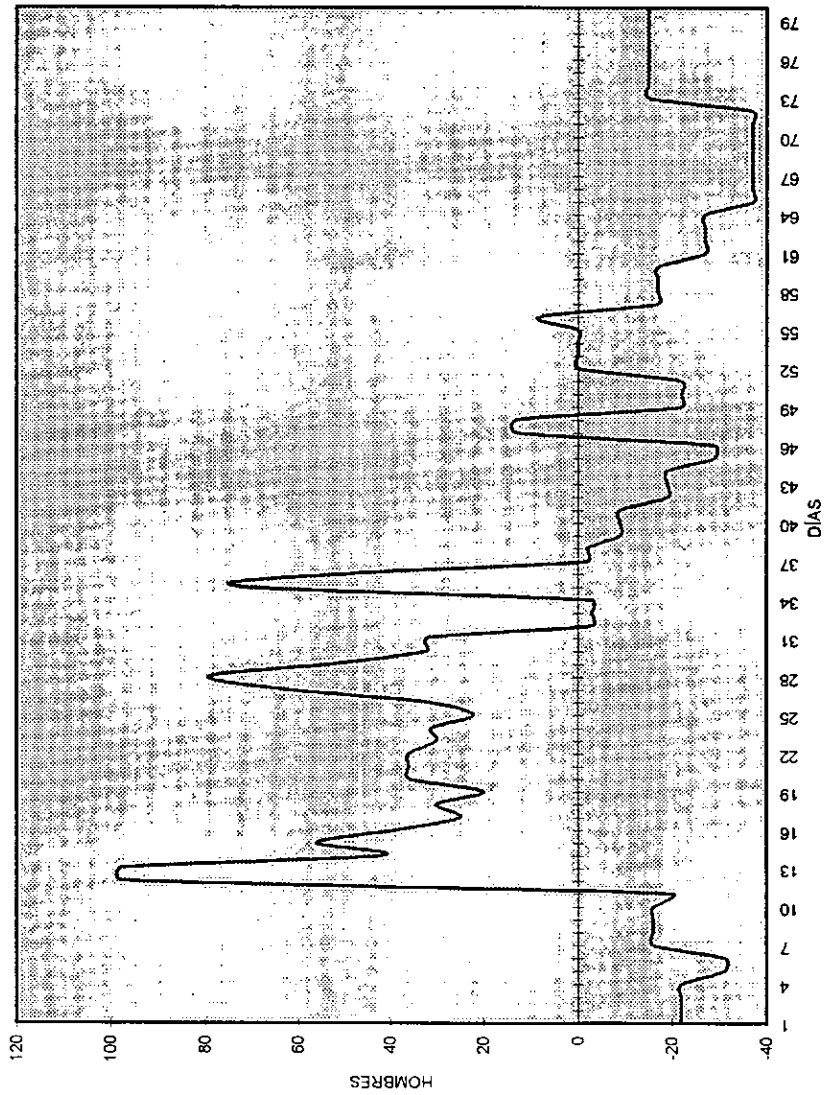
Para la mayor parte de los casos, esta nivelación puede proporcionar una solución. Sin embargo, esta ley de variación ideal no se ha podido lograr completamente en nuestro caso. No obstante, aún bajo las circunstancias que se presentan, la solución obtenida se "nivela" en una extensión mayor de lo que es posible sin el uso de esta herramienta.

IV.2. NIVELACIÓN FIJA

En la siguiente figura, se puede observar una vez más con referencia a la mano de obra, que en nuestro proyecto nos enfrentamos a una situación muy común: debemos hacer uso de un número fijo de personas a nuestra disposición. Como resultado, no obstante, la fuerza de trabajo se vuelve ineficiente, dando por resultado tanto tiempo extra como una fuerza de trabajo desocupada, pagada pero sin tarea asignada.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

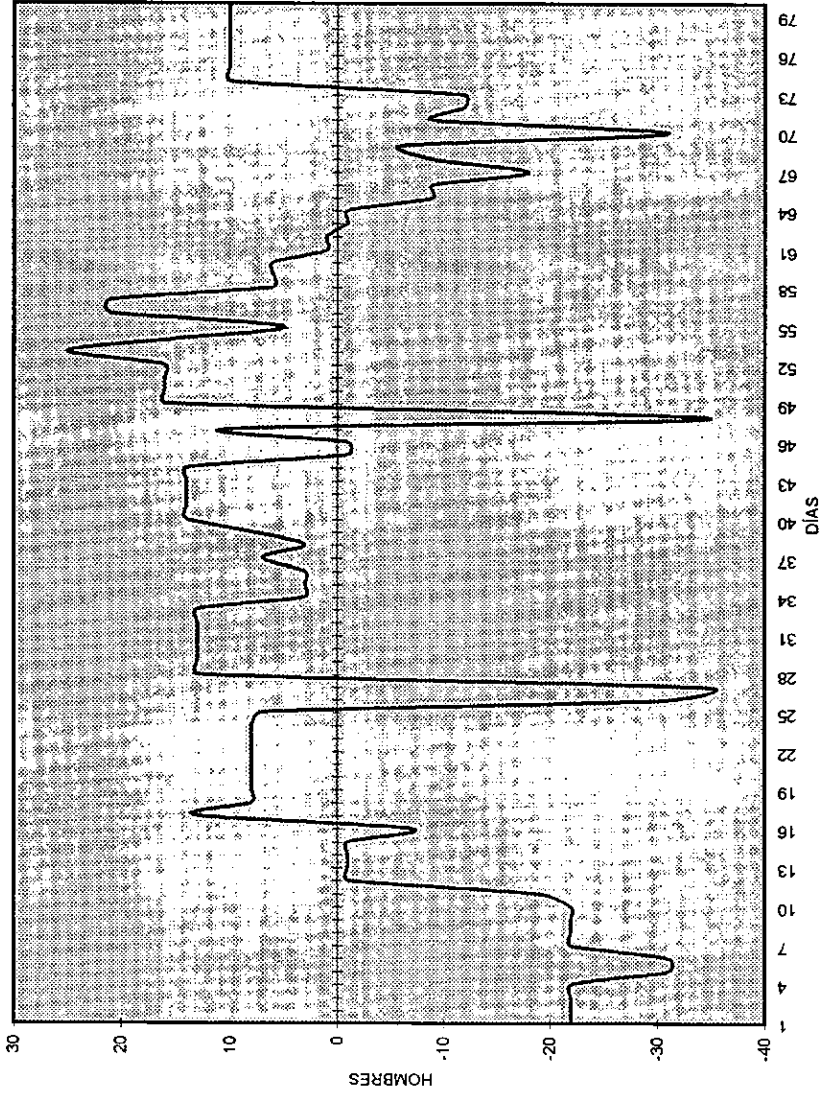
NIVELACIÓN FIJA
(PRELIMINAR)



Como se muestra a continuación en el diagrama corregido, la finalidad es seleccionar el número fijo de trabajadores y programarlos de tal manera que todos estén productivamente ocupados la mayor parte del tiempo. Aunque el objetivo principal es cerrar o eliminar todos los huecos (indicados en las gráficas como desocupados en valores negativos), solamente en casos raros será posible hacerlo. Sin embargo, la cantidad de tiempo improductivo o desocupado puede mantenerse a un mínimo utilizando este método. Debe notarse por otra parte que, con seguridad, tal tiempo se empleará casi siempre en necesidades imprevistas, cambios o siguiendo la ley de Parkinson: "La cantidad de tiempo necesaria para terminar una tarea se extenderá para ocupar el tiempo disponible". Nuestro objetivo es determinar el mejor límite y el mejor programa para cada tipo de recursos, de modo que el tiempo no productivo sea el mínimo. El siguiente paso es aplicar este mismo procedimiento al proyecto en conjunto; esto es, establecer para cada clasificación y tipo de recurso, el mejor límite y el mínimo tiempo no productivo.

En realidad, no obstante, frecuentemente tenemos varios proyectos desarrollándose simultáneamente, con un límite fijo de varios tipos de recursos.

NIVELACIÓN FIJA (AJUSTADO)



NIVELACIÓN COMBINADA

En la nivelación combinada se asigna a cada proyecto, en el supuesto que se tengan varios simultáneamente, un complemento fijo mínimo de cada tipo de recurso requerido. A continuación, para satisfacer las necesidades en aumento, también se asigna un complemento variable. No obstante, no puede excederse el número de cada tipo de recurso disponible para todos los proyectos.

VENTAJAS DE LA NIVELACIÓN DE RECURSOS

Dicho brevemente, el requisito principal de cualquier técnica de programación o de asignación, es que permita una completa flexibilidad al resolver los problemas de nivelación variable, fija y combinada, para cada tipo de recurso, cuando se aplica a todos los proyectos simultáneamente. Al mismo tiempo, no debe dejar de cumplirse lo mismo para cada proyecto específico.

La nivelación se logra usando el margen total. El programa indica el tiempo de iniciación de cada actividad. Las actividades críticas deben colocarse en su tiempo de iniciación más próximo, a menos que estemos preparados para prolongar la duración del proyecto (la nivelación no debe imponerse a las actividades críticas). Las actividades no-críticas, por otra parte, tienen una variación posible en su tiempo de iniciación; el margen total es la medida de esta variación.

COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

La administración es un negocio complicado. Con ésta no solamente disminuimos el margen de error entre el éxito y el fracaso, entre la ganancia y la pérdida, sino que las cosas que administramos frecuentemente parecen ser inadmisibles. El rápido cambio tecnológico, la disminución del margen de utilidades, el aumento en la competencia, una vida útil más corta para los nuevos productos y un ritmo de vida más rápido, todo se combina para hacer la administración más difícil y exigente.

En la administración de proyectos, ya sean grandes o pequeños, el no contar con datos básicos puede ser costoso. Los altos costos crecientes por utilizar equipo inadecuado, la mano de obra inadecuada y la pérdida de tiempo deben evitarse. Deben encontrarse medios para desarrollar mejores planes para los proyectos, para asignar más económicamente recursos para las actividades que los forman y para controlar más estrictamente todos los aspectos.

Esto es aplicable tanto para administrar un negocio, supervisar un programa de investigación, dirigir un viaje al espacio, o construir una casa o un muro de contención. Muchas personas reconocen este problema de control y lo resuelven fácilmente aplicando el Método de la Ruta Crítica.

La aplicación del enfoque básico, que puede ser denominado planeación de operaciones, es más importante que las reglas específicas, por medio de las cuales se aplica la técnica.

La aplicación del Método de la Ruta Crítica a un proyecto es de gran importancia ya que las decisiones frecuentemente obligan a una compañía a desembolsar sumas importantes de capital. Los proyectos que tales decisiones ponen en movimiento conducen a la necesidad de coordinar la mirada a funciones interdependientes que deben ser consideradas para producir un plan y un programa. Aún más importante es la necesidad de ser capaz de incorporar cambios, a medida que ocurran, e inmediatamente conocer el efecto de cada uno de ellos. Lo que se requiere entonces es un sistema dinámico de planeación y de programación que no solamente produzca el mejor plan y el mejor programa iniciales posibles, sino que sea suficientemente dinámico para reaccionar instantáneamente a condiciones modificadas y aún producir el mejor plan y el mejor programa.