

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMACION Y CONTROL DE PROYECTOS

TESIS PROFESIONAL

que para obtener el título LICENCIADO ΕN INGENIERIA CIVIL n

LUIS ROBERTO AYON CARDENAS

México, D. F.

1982





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.

FACULTAD DE INGENIERIA EXAMENES PROFESIONALES 60-1-122



At Pasante señor LUIS ROBERTO AYON CARDENAS, P h e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Emilio Gil Valdivia, para quelo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingenie ro CIVIL.

"PROGRAMACION Y CONTROL DE PROYECTOS"

- 1) Introducción: La necesidad de los programas, las venta jas de la mecanización.
- 2) La red de actividades.
- 3) Control y monitoreo del programa.
- 4) Los programas disponibles, su evaluación y comparación.
- 5) Ejemplo.
- 6) Conclusiones.

Ruego a usted se sírva tomar debida nota de que en cumplimien to de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo minimo de seis meses co mo requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido di que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la teste, el título del trabajo realizado.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Anguersitaria, 21 de enero de 1982

ELDIRÉCTOR

ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU

JJE/OBLH/SCT

I N D I C E

					PAGINA
1.0	INTR	obuccioi	N: LA NEC	ESIDAD DE LOS PROGRAMAS,	
	LAS	VENTAJA	S DE LA M	ECANIZACION	1
	1.1	OBJETI	<i>V</i> 0 S		2
	1.2	UBICAC	ION DENTR	O DE LA ESTRUCTURA	
		ORGANI	ZATIVA DE	L PROYECTO	3
	1.3	ANALIS	IS DE SU	APLICABILIDAD EN DISTIN-	
		TOS TI	POS DE PR	OYECTOS	5
2.0	LA R	ED DE A	CTIVIDADE	S	9
	2.1	PLAN D	E ACCION		9
		2.1.1	INFORMAC	ION BASICA	9
			2.1.1.1	ALCANCE DEL PROYECTO	9
			2.1.1.2	ESTIMACIONES Y RENDI-	
				MIENTOS	10
			2.1.1.3	ENTREGAS DE EQUIPO Y	
				TERMINACION DE INGENIE-	
				RIA	11
			2.1.1.4	CUADRILLAS TIPO	11
			2.1.1.5	FECHA DE TERMINACION	12
		2.1.2	ESTRUCTU	RACION DE DIAGRAMAS	
			LOGICOS		13
			2.1.2.1	ORGANIZACION DE CONSTRUC-	
				CION	15
			2.1.2.2	NIVEL DE DETALLE	18
	+	2.1.3	OBTENCIO	ON DE DURACIONES	2 4

	2.2	PLANEAC	ION DE RECURSOS	28
		2.2.1	PROGRAMACION CON RECURSOS LIMI-	
			TADOS	32
		2.2.2	PROBLEMAS CONCEPTUALES EN EL	
			ANALISIS DE LA RUTA CRITICA AL	
			PROGRAMAR CON RECURSOS	37
3.0	CONT	ROL Y MO	NITOREO DEL PROGRAMA	41
	3.1	TIPOS D	E REPORTES	42
		3.1.1	TABLAS O GRAFICAS DE USO CONTRA	
			DISPONIBILIDAD DE RECURSOS	42
		3.1.2	REPORTE DE ACTIVIDADES CRITICAS	43
		3.1.3	LISTAS DE TRABAJOS A CORTO PLAZO	44
	3.2	CONTROL	Y MONITOREO DEL PROGRAMA	44
		ANEXO:	REPORTE DE CONCEPTOS CRITICOS	49
4.0	LOS	P R O G R A M A	S DISPONIBLES, SU EVALUACION Y	
	COMP	ARACION		5 3
5.0	EJEMPLO			54
	5.1	PLAN DE ÁCCION		54
		5.1.1	INFORMACION BASICA	54
		5.1.2	ESTRUCTURACION DE LOS DIAGRAMAS	
			LOGICOS	55
		5.1.3	OBTENCION DE TIEMPOS O DURACION	58
	5.2	PLANEAG	CION DE RECURSOS	71

	5.3	REPORTES COMPUTARIZADOS	73
6.0	CONC	CLUSIONES	76
	6.1	PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN LA	
		76	

1.0 INTRODUCCION: LA NECESIDAD DE LOS PROGRAMAS Y LAS VENTAJAS DE LA MECANIZACION

En la actualidad, el desarrollo de un proyecto mayor de ingeniería, plantas generadoras de electricidad, complejos industriales, petroquímicas, etc., requiere de una organización compleja con una división de responsabilidades mayor que aquélla que pudiera satisfacer a un proyecto de menor escala.

Es común, que aparte del grupo de construcción, se cuente con grupos de dirección del proyecto, abastecimien-tos, control de calidad, ingeniería (aún en fases avanzadas del proyecto), control de construcción, puesta en servicio, etc.

Para lograr un trabajo coordinado entre cada uno de estos grupos, así como para establecer prioridades y enfocar adecuadamente la fuerza de trabajo, es necesario establecer un plan maestro del proyecto, que indique el alcance del trabajo a desarrollar, los recursos (costos, materiales, horas-hombre, equipo) que serán necesarios para el cumplimiento del plan y cuando se requiere realizar determinada actividad.

Un proyecto en la etapa de construcción, es posible que regulera de 15 ó 20000 actividades para ser descrito -

adecuadamente, por lo que se ha vuelto una necesidad - económica la computarización de la red de actividades - para utilizarla eficientemente, analizar nuevas alternativas de construcción, estudiar planes de recuperación, etc.

Esta tesis tiene como finalidad, el mostrar los pasos necesarios para el desarrollo e implementación de un plan de trabajo, la organización requerida para su aplicación y cuales son los problemas que generalmente se presentan durante y para su utilización.

1.1 Objetivos

Los principales objetivos que se persiguen al dis<u>e</u> ñar un Sistema de Planeación y Programación son:

- Desarrollar un programa realista del proyecto,
 basado en una sólida secuencia lógica entre actividades y en los recursos disponibles.
- sos de utilidad a la dirección del proyecto en la toma de decisiones y para la satisfacción de diversas necesidades como pueden ser: requerimientos del cliente, recuperación de atraso, impacto de los cambios de diseño, falta de materiales, personal especializado, etc.

- 2 -

- Establecer prioridades a corto plazo para enfo car los recursos a las disciplinas que lo re-quieran.
- Establecer una base de datos contra la cual pueda ser medido y evaluado el progreso de la obra.
- Mantener un aparato de comunicación entre to-das las áreas para estar al tanto de los pro-blemas y necesidades mutuas y poder identifi-car y asignar responsabilidades.

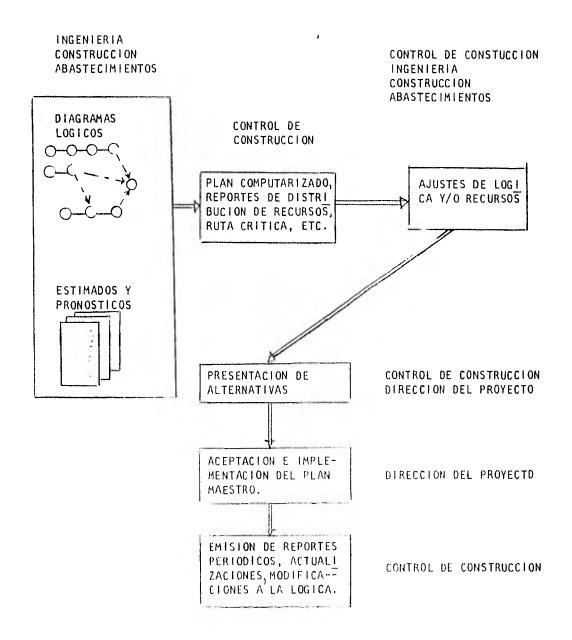
1.2 <u>Ubicación Dentro de la Estructura Organizativa del</u> Proyecto

Como se puede apreciar en el inciso anterior, la información de fechas y recursos que proporciona la ruta crítica debe ser obtenida, conjuntada y ac
tualizada a partir de distintos grupos de trabajo.

Generalmente, es responsabilidad del grupo de Control de Construcción y en particular del grupo de Programación/Costos el organizar la información - obtenida de otros departamentos para obtener un - plan viable en la construcción del proyecto.

A continuación, se muestra el flujo de información requerido para la estructuración de la red de - -

actividades y por quién debe ser generado:



- 4 -

1.3 <u>Análisis de su Aplicabilidad en Distintos Tipos de</u> <u>Proyectos</u>

El método de ruta crítica (CPM o PERT) se desarrolló durante los años cincuentas en Estados Unidos
como una ayuda en la planeación y programación de
proyectos grandes. En particular, el método PERT
existe debido a la necesidad de programar el pro-yecto POLARIS, referente a la investigación y desa
rrollo de un sistema de proyectiles lanzados por -submarinos desde distintos puntos del océano.

Han pasado más de 20 años desde entonces, la popularidad del método ha sido variable, pero se puede afirmar que en la actualidad, en Estados Unidos, el método se utiliza comúnmente en la dirección de proyectos grandes, medianos y chicos.

Es importante considerar que los costos involucrados en el desarrollo de la red son altos, la Fuerza Aérea Norteamericana ha estimado estos costos entre 0.1 y 0.5% del costo total del proyecto (este último número para proyectos de investigación).

Por tanto, para proyectos medianos y chicos (representables por 500 ó 600 actividades) aunque el CPM ha demostrado su utilidad, es conveniente efectuar

ciertos ahorros como pueden ser:

- Evitar la formación de un grupo de Programación/
 Costos y asignar al personal disponible más capacitado la responsabilidad del desarrollo y mantenimiento de la red de actividades como una
 más de sus funciones.
- Efectuar en forma manual, los cálculos de las fechas temprana y tardía, holgura, etc., lo - cual no es tan complicado como podría parecer sobre todo si se utiliza un método gráfico.

Obviamente, los beneficios obtenidos por la utilización del CPM deben ser mayores que los gastos y requieren la misma o mayor atención. Los ahorros que el método ofrece en cuanto a una mejor coordinación, disminuir retrasos, efectuar pronósticos más acertados, etc., son más difíciles de identificar y cuantificar que por ejemplo los costos directos y muchas veces son sólo visibles para la directión del proyecto.

Definitivamente, los mayores éxitos en la implementación del PERT o CPM han sido en proyectos grandes y no repetitivos, PERT en proyectos de investigación y CPM en construcción.

- 6 -

A continuación, se enumeran ciertos tipos de pro-yectos en los que PERT/CPM han demostrado su utili
dad:

- La construcción de un edificio o de un sistema de carreteras.
- La planeación, desarrollo y producción de un nuevo producto.
- La construcción de refinerías.
- La instalación de un sistema de computación.
- La construcción y/o reparación de barcos.
- La fabricación y montaje de generadores.

Cada uno de estos proyectos tiene ciertas caracteristicas que son esenciales en el análisis por el método de ruta crítica.

- a) El proyecto consiste de una serie de trabajos bien definidos que al ser terminados nos marcan la terminación del proyecto.
- b) Los trabajos llevan un orden, o sea, deben se-guir una secuencia definida por la naturaleza del proyecto y por la técnica a utilizar.

Estas características serán definidas con más deta lle y utilizadas al hablar del desarrollo de la -red de actividades (capítulo 2.0).

Por el momento, sólo nos importa saber qué tipo - de proyectos son susceptibles de ser controlados - por el método de la ruta crítica.

- 8 -

2.0 LA RED DE ACTIVIDADES

2.1 Plan de Acción

El desarrollo de un plan de acción, es el primer paso en el proceso de programación de un proyecto.

Este plan debe indicar claramente el trabajo a desarrollar, la secuencia lógica entre trabajos e in ferir los métodos que deben ser usados para su realización. Es necesario considerar a nivel general los requerimientos de recursos para cada trabajo al desarrollar el plan.

Resumiendo, se puede afirmar que en el proceso de planeación es de gran importancia la toma de decisiones cualitativas como son: "el qué, cómo y en qué orden".

2.1.1 Información Básica

2.1.1.1 Alcance del proyecto

La ingeniería debe estar lo suficientemen te avanzada como para permitirnos identificar los edificios, elevaciones, distintos sistemas de tubería, equipo mayor, etc., de que consta nuestro proyecto.

Esto nos permitirá, entre otras cosas, definir el trabajo por ejecutar, estable-

cer posibles secuencias, descubrir interferencias y estructurar la red de actividades como se verá más adelante.

2.1.1.2 Estimaciones y rendimientos

Esta información es indispensable para - asignar duraciones a las distintas activ<u>i</u> dades.

La necesidad de contar con un buen estima do se manifiesta desde el momento del con curso y, para fines del programa, es también de mucha importancia, ya que final-mente la validez de las rutas críticas y/o potencialmente críticas dependerá de haber estimado correctamente las duraciones.

Asimismo, es vital contar con información de proyectos similares en cuanto al tipo de obra y métodos constructivos se refiere, para usarla en el cálculo de rendiremientos. En este renglón es recomendable contar con personal experimentado, de ser posible en construcción, capaz de recuestionar la validez de los rendimientos obtenidos.

2.1.1.3 Entregas de equipos y terminación de Ingeniería.

Si la ingeniería no ha sido terminada antes del inicio de la construcción y/o se tienen planeadas fechas tardías de entrega de equipo (lo cual es común en proyectos grandes) es necesario considerar estos factores en la elaboración del plan, desarrollando una secuencia lógica de estas actividades e impactando con ella la red de construcción.

2.1.1.4 Cuadrilla tipo

Si el cálculo de duraciones va a ser efectuado con base a rendimientos, ésto es, tratando de definir el total de horas-hombre requeridas para una actividad (cantidad x rendimiento = horas-hombre) es necesario contar con información histórica referente al personal (cantidad y categor ría) que integra una cuadrilla. El número de cuadrillas tipo, dependerá de las distintas clases de trabajos que involucre nuestro proyecto, por ejemplo, para una obra civil posiblemente se tengan - frentes de excavación, cimbrado, armado,

montaje, colados, etc.; teniéndose, por - tanto, cuadrillas tipo para cada una de - estas actividades.

2.1.1.5 Fecha de terminación

Aunque la fecha de terminación no es requisito indispensable para iniciar los trabajos de planeación, tales como planes preliminares y obtención de la fecha natural de terminación, sí lo es para estable cer el plan definitivo, ya que comparando esta fecha con la fecha requerida de terminación es posible tomar ciertas decisiones tales como:

- Retrasar la fecha de inicio, disminuir el flujo de capital y/o restringir la contratación de personal, etc., si es que la fecha requerida es posterior a la calculada.
- Aumentar los recursos, efectuar trabajos en paralelo (cuando sea posíble), etc., si la fecha requerida es ante-rior a la calculada.

Una vez que se ha recopilado esta información y se tiene una buena idea sobre el -

alcance del proyecto, es posible iniciar la preparación de los diagramas lógicos - (de flechas) y el cálculo de duraciones - como se muestra a continuación.

- 2.1.2 Estructuración de Diagramas Lógicos
 Un proyecto de construcción, generalmente,
 se puede englobar en 3 grandes disciplinas:
 - Civil
 - Mecánica
 - Eléctrica

Comprendiendo cada uno de estos distintos trabajos como pueden ser:

CIVIL

- excavaciones
- relleno y compactación
- cimbrado
- habilitado de acero de refuerzo
- colados
- montaje de acero estructural
- soportería
- soldadura
- colocación de embebidos
- acabados, etc.

MECANICO

- montaje y soldadura de tubería
- montaje de equipo
- instrumentación
- aire acondicionado, etc.

ELECTRICO

- instalación de charolas
- instalación de conduit
- instalación de alumbrado
- instalación de tierras
- cableado y terminaciones
- montaje de equipo eléctrico, etc.

Todos éstos, son trabajos perfectamente definidos, o sea, su inicio y terminación son eventos que claramente se pueden determinar y de los que se conoce a que restringen y por que son restringidos.

La red de actividades que se desee desarrollar debe mostrar estos dintíntos traba-jos y su interrelación.

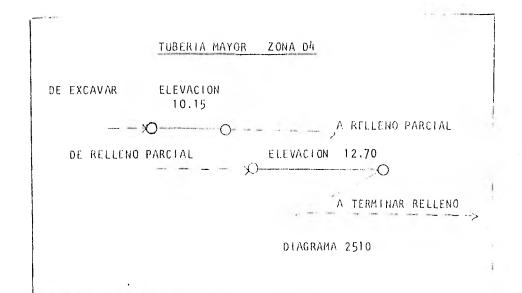
Hay 2 factores importantes que se deben con siderar en la estructuración de la red.

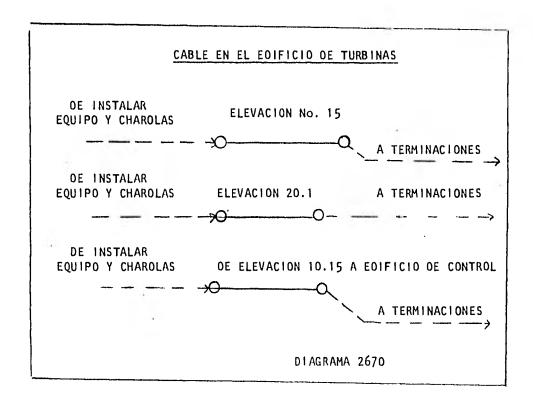
2.1.2.1 Organización de construcción.

La red de actividades debe reflejar el trabajo tal y como se va a realizar en el cam ${
m po}$.

Si construcción está organizada por superintendencias de área (por ejemplo edificios) el CPM debe estructurarse por edificios, por elevación, posiblemente, por zona y por disciplina. Este tipo de organizarción es común cuando se está en la fase civil del proyecto y falta aún gran cantidad de tubería, cable, etc., por instalar.

Ejemplos de diagramas lógicos para esta - etapa serían:





Hay ocasiones en que por el avance de la obra, construcción está organizada por sis
temas, entonces es necesario estructurar el CPM por sistema, por ejemplo:

- 16 -

	SISTEMA DE AGUA DE ALIMENTACION	
1000 0	INSTALAR TUBERIA MAYOR NIVEL 10.15	
Vo - A		→ A PRUEBAS HIDROSTATICAS
	INSTALAR TUBERIA MAYOR NIVEL 18.70	
DE LOSA A 25.10	~~~~	
		→ A PRUEBAS HIDROSTATICAS
	INSTALAR CONDUIT NIVEL 10.15	
DE LOSA A 18.70		-> A JALAR
	INSTALAR BOMBAS A 10.15	CABLE
DE BASES DE EQUIPO A		
10.15		
	DIAGRAMA 3015	

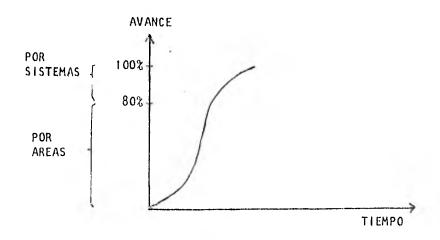
Como se puede apreciar, la estructuración de los diagramas al variar la organización es radicalmente distinta, aunque en realidad se puede estar programando el mismo cable y la misma tubería.

La siguiente curva de avance nos muestra cuando es recomendable programar de una -

	SISTEMA DE AGUA DE ALIMENTACION	
	TALAR TUBERIA MAYOR NIVEL 10.15	
Vo – – –	<u>→</u> ○ — — →	A PRUEBAS HIDROSTATICAS
	TALAR TUBERIA MAYOR NIVEL 18.70	
DE LOSA A 25.10	- >> 	A PRUEBAS HIDROSTATICAS
INS	STALAR CONDUIT NIVEL 10.15	
DE LOSA A 18.70		A JALAR
11	ISTALAR BOMBAS A 10.15	CABLE
DE BASES DE EQUIPO A 10.15		A PRUEBAS HIDROSTATICAS
	DIAGRAMA 3015	
	•	

Como se puede apreciar, la estructuración de los diagramas al variar la organización es radicalmente distinta, aunque en realidad se puede estar programando el mismo cable y la misma tubería.

La siguiente curva de avance nos muestra cuando es recomendable programar de una - forma u otra:



2.1.2.2 Nivel de Detalle.

La elección del nivel de detalle con que va a ser construída la red, depende de varios factores.

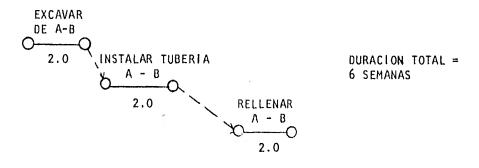
El uso que se le intenta dar a la red. Para el control de construcción, generalmente, se lleva mucho detalle (digamos hasta programar por colados, tubería por zona y por sistema, etc.).

Si lo que interesa es el control de la ingeniería y el programa de construcción sólo nos da fechas tope para ingeniería; entonces lo más conveniente, posiblemente, sea programar construcción con poco detalle (digamos por edificio, por elevación).

El conocimiento que el responsable de la planeación tenga del área.

El traslape que se desee tener entre actividades.

La red inicial, generalmente, se construye con poco traslape (poco detalle). Si la fecha de terminación natural es posterior a la requerida, es necesario buscar formas de acortar la duración de las rutas críticas; una de estas maneras es trabajar cier tas actividades en paralelo, por ejemplo:



EXCAVAR

$$\frac{A - C}{1.0} + \frac{C - B}{1.0}$$
INSTALAR TUBERIA

$$\frac{A - C}{1.0} + \frac{C - B}{1.0}$$
RELLENAR

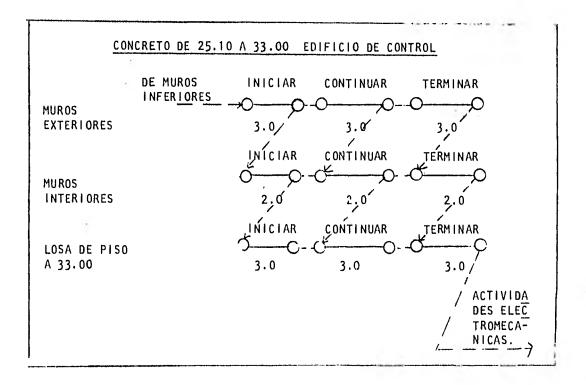
$$\frac{A - C}{1.0} + \frac{C - B}{1.0}$$

Como se puede apreciar, será común que el nivel de detalle sea mayor en las activida des críticas.

Estos dos factores - Organización y Nivel de Detalle - nos definirán el número de - actividades total de la red, la presentación de los diagramas lógicos, la numeración de nodos, códigos para sorteo, etc., (factores que intervienen también en la elección del programa de ruta crítica y tipo de computadora que se desee utilizar, ver capítulo 4.0).

Supongamos que ya tenemos definida la información básica de las actividades a pro
gramar, conocemos el nivel de detalle requerido y la organización de construcción;
entonces nos es posible estructurar un dia
grama lógico como el siguiente:

- 20 -



En la elaboración de estos diagramas, hay que establecer ciertos criterios como son:

- sólo incluir actividades de la misma -- disciplina en un diagrama
- colocar la descripción de la actividad en la parte superior de la línea y la duración en la parte inferior
- no incluir más de 30 actividades en un diagrama

Es conveniente utilizar hojas pequeñas -(por ejemplo, doble carta, por la comodidad de su manejo, facilidad para el copiado, etc.

Aún, nos es necesario incluir cierta in-formación indispensable para poder implementar este diagrama en el archivo de -computadora, esta información se refiere
a:

- numeración de nodos
- códigos de sorteo
- numeración de nodos

Si la numeración de nodos está bien estruc turada, nos puede dar información valiosa para el uso y manejo de los archivos.

Se puede pensar por ejemplo en identificar cada nodo por 6 dígitos de la siguiente ma nera:

ter. dígito - indica si es actividad de ingeniería, cons- trucción o puesta en servicio.

20. dígito - Indica el edificio o área

3er. dígito - Indica la disciplina

40. dígito - indica la elevación

50. y 60. - identificación del nodígitos do en el diagrama Número de Diagramas Por ejemplo la actividad:

901319 - 901321 iniciar losa a 33.00

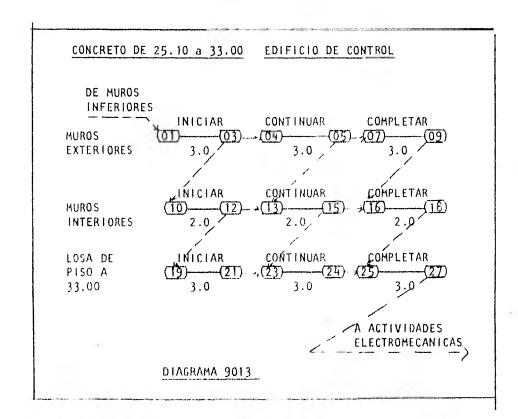
nos dice lo siguiente

9 0 1 3 19

CONSTRUCCION EDIFICIO CIVIL 3a. ELEVACION NUMERO DE CONTROL DE NODO

NUMERO DE DIAGRAMA

El diagrama mostrado anteriormente, queda ría terminado como se muestra a continuación:



El código de sorteo nos permite clasificar y elegir de toda la red tan sólo las actividades que nos interesen por tener algún rasgo en común. Se acostumbra utilizar códigos para el número de sistema, categoría, edificio, elevación, etc.

Así, por ejemplo para la actividad 901319-901321 sería necesario añadir un código como el siguiente:

9.1452 000 92 10 013

NUMERO FECHA CLAVE SISTEMA CATEGORIA EDIFICIO,
DE (CIVIL) (CONCRETO) ELEVACION
CUENTA

Esta información es, generalmente, para -- control interno del departamento y, por - tanto, no se incluye en los diagramas logi cos.

La utilidad del número de cuenta se verá - al hablar de planeación de recursos, inci-so 2.2.

2.1.3 Obtención de tiempos de duración

El método más aceptado para el cálculo de d \underline{u} raciones es el que se basa en rendimientos -

(horas-hombre/m3, H-H/m2, H-H/kg., etc.) y volúmenes de obra (m3, m2, kg., etc.). tos pueden ser de dos tipos, históricos (estimados) y reales, por supuesto, lo más de-seable es contar con datos reales pero, por lo general, sólo se cuenta con rendimientos reales una vez que se ha iniciado la actividad y para tener volúmenes reales es necesario haber terminado completamente la ingenie ría, lo cual es difícil en proyectos grandes, por tanto, lo más común es contar con rendimientos y volúmenes estimados. De aquí la importancia de tener un buen banco de datos, con información de proyectos similares, que nos permita efectuar pronósticos con la ma-yor exactitud.

Cuando se contrata una obra por precios unitarios, es importante usar en el cálculo de duraciones los mismos rendimientos que se utilizaron para obtener los precios unitarios, con el fin de asegurar la validez de éstos, lo cual se puede apreciar con el sirrquiente ejemplo:

Estimar el costo de excavación y relleno de una trinchera de 2 mts. de profundidad por - 3 mts. de ancho y una longitud de 100 mts., en tierra ordinaria. No se necesitan ademes. Supongamos que se cuenta con una cua drilla de 6 gentes supervisadas por un so--breestante.

VOLUMEN DE TIERRA 3X2X100 = 600 m3
Rendimientos

Horas-Hombre

Duración de la obra 1680 H-H : 6H = 280 hrs.

Costo total

Peónes 1680 H-H a
$$56.25$$
\$/H-H = $94,500.00$
Sobreestante 280 H-H a 65.00 \$/H-H = $18,200.00$
T O T A L 112,700.00

Costo por m3 112,700 $$ \div 600 \text{ m3} = 187.83 \text{ } /m3$

Si en el transcurso del trabajo no se contro lan los rendimientos y/o si antes de efectuar el mismo se le asigna mayor duración a la actividad, (usando mayores rendimientos o mernor personal) el costo unitario variará pundiendo costar más el trabajo de lo planeado.

Supongamos que el trabajo se realiza con 3 pennes.

Duración de la obra 1680 H-H - 3H'= 560 hrs. Costo total

Peones 1680 H-H a 56.25 \$/hr = 94,500.00 \$

Sobreestante 560 H-H a 65.00 \$/hr = 36,400.00 \$

T 0 T A L 130,900.00 \$

Costo por m2 $130,900.00 \div 600 = 219,17 \$/m3$

El costo aumentó aproximadamente en 16% por m3.

Como se puede apreciar, el aumento se debió al incremento en el tiempo de supervisión, - ya que las horas-hombre totales de mano de - obra permanecieron constantes.

Del ejemplo también se puede observar que -además de contar con volúmenes y rendimien-tos es necesario conocer la fuerza de trabajo disponible. Es práctica común, suponer
una cantidad ilimitada de recursos en la eta
pa de estimación de duraciones y considerar
esta restricción posteriormente como se verá
al hablar de planeación de recursos (inciso
2.2).

2.2 Planeación de Recursos

Hasta ahora, hemos supuesto que las únicas restricciones para programar una actividad han sido físicas, ésto es, para que una actividad pueda iniciar sólo necesitamos haber terminado sus actividades coras.

Si todas las actividades fuesen programadas lo más pronto posible, (respetando las restricciones físicas) tendríamos un programa de fechas tempranas; de la misma forma, retrasando lo más posible el inicio de todas las actividades (respetando la fecha de terminación del proyecto) tendríamos un programa a fechas lejanas. Si estos dos programas fuesen distintos como comúnmente lo son, hay un número n de programas que resultan de mover las fechas de ini--

cio y terminación de las actividades dentro de sus respectivas holguras. Todos estos programas hasta ahora sólo pueden ser generados partiendo de dos tipos de información:

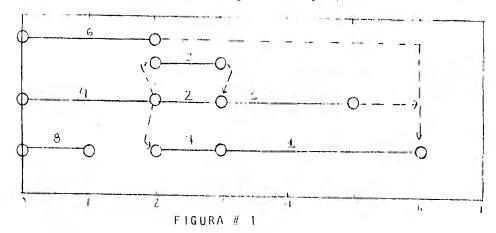
- 1) restricciones entre actividades
- 2) duraciones de actividades

Para que estos programas sean válidos, se tiene que considerar implícita la siguiente suposición: los recursos necesarios para - llevar a cabo todas las actividades son dis ponibles en cantidades ilimitadas. Es cier to que a veces los estimados individuales - están influenciados por restricciones de re cursos pero estos estimados son hechos inde pendientemente de otros estimados de dura-ciones y, por tanto, no se están consideran do en forma general los límites en la disponibilidad de recursos.

La falta de recursos ilimitados es a menudo un problema real, puede tratarse de maquinaria, un presupuesto limitado, etc. Cier-tos trabajos que se desarrollan en rutas paralelas pueden estar utilizando los mismos recursos y aunque estén programados en las

mismas fechas debido a la falta de recursos es posible que tengan que ser reprogramados en secuencia.

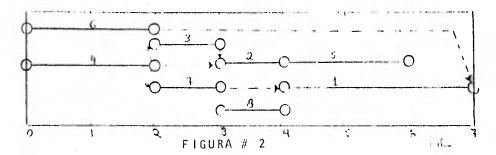
Consideremos el siguiente ejemplo:



El proyecto consta de 8 actividades, la duración de cada actividad está representada por la longitud horizontal y el número arriba de la línea horizontal representa la --fuerza de trabajo (días-hombre) necesarios para llevar a cabo cada actividad. Al ser distintos todos los días-hombre, éstos nos servirán como números de identificación de las actividades.

El programa arriba mostrado es un programa de fechas tempranas, ya que cada actividad está programada tan pronto terminan sus actividades predecesoras. Supongamos ahora que

sólo disponemos de 10 hombres diariamente, - es obvio que los trabajos 6, 4 y 8 no pueden ser programados en paralelo al igual que los trabajos 2, 3 y 7, por tanto, habrá que re-trasar el inicio de algunas actividades y una alternativa de solución podría ser la siguiente:



Hay más soluciones posibles que se obtienen programando en distintas fechas los trabajos pero ninguna nos lleva a concluir el trabajo en menos tiempo.

En este caso, al igual que en muchos otros, se puede apreciar que la falta de disponibilidad de recursos nos acarrea un retraso en la fecha de terminación.

Dos cosas se pueden apreciar del anterior - ejemplo:

La limitación en recursos nos crea problemas reales para el programador y para el usuarió del programa, ya que nos impone toda una serie de restricciones no consideradas anterriormente. ¿Cómo puede uno decidir qué actividades programar en determinada fecha, recuando son varios los trabajos que se pueden iniciar en cuanto a restricciones físicas se refiere?

La limitación en recursos nos trae problemas conceptuales en el análisis de la ruta crítica, las nociones de holgura y criticalidad pierden su significado normal ya que, como pierden su significado normal ya que, como se puede ver en el ejemplo anterior, no contamos más con una serie de actividades que nos marque la ruta crítica y algunas actividades han sido reprogramadas de manera que su holgura también ha cambiado.

A continuación, trataremos estos problemas:

2.2.1 Programación con Recursos Limitados Los problemas de la programación con recursos pueden ser de varios tipos, dependiendo de la naturaleza del proyecto y de su estructura organizacional. En algunos casos, solamente un recurso, una grúa, un tipo especial de soldadura, etc., será el problemático, tal vez habrá una pequeña cantidad de recursos que por su poca disponibilidad deberán ser considerados al programar. Otro caso, es el de un proyecto que requiera muchos recursos, la mayoría de los cuales sean disponirables en cantidades limitadas.

El problema de programar actividades, de manera tal que la disponibilidad de recursos no sea excedida y que las restricciones físicas se respeten es una tarea difícil hasta para proyectos pequeños y que se complica aún más si uno trata de minimizar la duranción del proyecto y tener una utilización de recursos nivelada.

En seguida, se muestran los criterios de programación con recursos limitados usados por un programa comercial "Ebasco Scheduling - - System" (ESS).

 Primero, clasifica todas las actividades por orden de inicio tardío, comenzando por la fecha de inicio tardío más cercana al reporte.

- 2. El programa escoge, de aquellas actividades que tengan la misma fecha de inicio tardío, la que a su vez coincida con su fecha de inicio temprano, es decir, a aquélla que tenga menos holgura.
- 3. A continuación, checa cada recurso requerido contra el límite disponible (no utilizado), si el requerimiento es menor la actividad es programada, si uno o más de los recursos no son disponio bles el programa se traslada a otra fecha de inicio posterior hasta que todos los recursos sean disponibles y la actividad sea programada o hasta que se alcance la fecha de inicio lejano para el trabajo.

En este caso, cuando el trabajo aún no ha sido programado, se programa EN - ERROR, después de la fecha de termina-ción programada de sus predecesores.

La disponibilidad de recursos es excedida según se requiera y la actividad se enlista en un reporte llamada "Reporte de Actividades Programadas por Error".

Posteriormente, el programa sigue el -

proceso con la siguiente actividad en la lista de trabajos a fechas de inicjano.

do, sus requerimientos de recursos son restados de los límites de disponibili-dad, obteniéndose así el nuevo o remanen
te límite de disponibilidad.

Es importante recordar, que los límites de disponibilidad que fijemos deben ser congruentes con el método de programa- - ción por recursos que utilicemos. En este caso, lo único que hay que vigilar es que los límites de disponibilidad - caigan dentro de las fronteras de la envoltura de recursos (FIGURA 3).

HOMBRE-MES

,\

DISPONIBILIDAD

RECURSOS A USO TEMPRANO

RECURSOS A USO LEJANO

MESES

FIGURA 3

De los criterios de programación puede apreciarse lo siguiente:

- El ESS no nos permite programar activida des más allá de la fecha de terminación requerida.
- La nivelación de recursos no se logra automáticamente, por tanto, es necesario proceder por tanteos para lograr la nive lación.
- El ESS no rompe actividades para lograr su programación.

Otros programas comerciales utilizan uno o -varios de estos factores dentro de sus criterios de programación, (ver capítulo 4.0).

Es obvio, que estos factores, de ser tomados en cuenta, influirán en la programación de - las actividades y, por tanto, en los pronósticos sobre los requerimientos futuros de - personal, materiales y equipo.

La elección sobre ¿qué programa utilizar?, + dependerá de varios factores como pueden ser:

- costo de corridas
- personal requerido para el mantenimiento del programa
- tipo y capacidad de la computadora en que el programa puede implementarse
- en la exactitud y confiabilidad que se desee lograr del programa de obra, etc.

 (para mayor información ver capítulo 4.0)
- 2.2.2 Problemas Conceptuales en el Análisis de la Ruta Crítica al Programar con Recursos. Consideremos el ejemplo de la figura 2, en el que hemos fijado un límite de recursos de 10 hombres por día.

En el caso de recursos limitados este es un programa de fechas tempranas, ya que ningún trabajo puede ser iniciado antes, debido a las restricciones físicas y de recursos, pero a diferencia del caso de recursos ilimitados (fig. 1) en el que sólo había un programa a fechas tempranas, el programa de la figura 1, es uno de los muchos posibles programas a fechas tempranas.

De aquí se desprenden las siguientes observa ciones:

- La holgura depende tanto de restricciones físicas como de la disponibilidad de recursos.
- 2. En general la limitación de recursos disminuye la holgura del programa.
- 3. La holgura depende de los criterios de programación, usados al considerar res-tricciones de recursos, ya que como an-tes dijimos existe un número n de programas a fechas tempranas.
- 4. Es posible que al programar con recursos no exista una serie de actividades interconectadas que nos marque la ruta crítica del proyecto, pero si se puede hablar de una "secuencia crítica" de trabajos con holgura cero programados a lo largo del proyecto en forma continua, aunque no se deba ésto a restricciones físicas. Un ejemplo de ésto, lo forman los trabajos 6, 3, 2, 1 de la figura 1. Los trabajos 4, 7 y 8 que también tienen holgura cero formarán una "ruta crítica" para le la a la anterior.

Actualmente, se cuenta con varios programas comerciales que consideran restriccio nes de recursos y que han demostrado su utilidad en distintos proyectos, tanto para generar programas semanales como para la planeación a largo plazo. Con - ello, es posible identificar cuellos de botella y tomar acciones correctivas, se pueden probar distintas cargas de recursos y comparar los resultados obtenidos, etc.

Es difícil imaginar una situación en la que el Jefe del Proyecto no tenga la nece sidad de estar enterado de los requeriromientos de recursos que un programa de trabajo acarrea, por lo cual siempre es necesario contar con un método de generar cargas de recursos, aunque sólo sea para los más importantes.

El nivel de detalle y la exactitud que se quiera lograr al programar con recursos, ya sea a mano o con programas de computadora, dependerá del tamaño e importancia del proyecto, de lo "apretado" del progra

ma, del efecto que la limitación de recursos tenga en el programa y de la disponibilidad y el costo de la informa-ción base.

3.0 CONTROL Y MONITOREO DEL PROGRAMA

El resultado del proceso discutido anteriormente, es un programa definitivo para el proyecto en el que se cum--ple lo siguiente:

- es un programa de actividades específicas
- a cada actividad se le ha asignado un período específico de tiempo para su ejecución
- es congruente con la estrategia del proyecto y con los requerimientos de recursos y su disponibilidad

Este programa será distribuido en formatos estándar que brindarán la siguiente información:

- fechas de inicio temprano
- fechas de inicio programado
- fechas de terminación programada
- fechas de terminación critica
- holgura programada
- holgura total

Estos reportes se podrán clasificar de distintas maneras.

La flexibilidad en la obtención de distintos tipos de reportes dependerá de los códigos de sorteo utilizados, -
(ver inciso 2.1.2).

A continuación, hablaremos sobre tres tipos de reportes comúnmente utilizados:

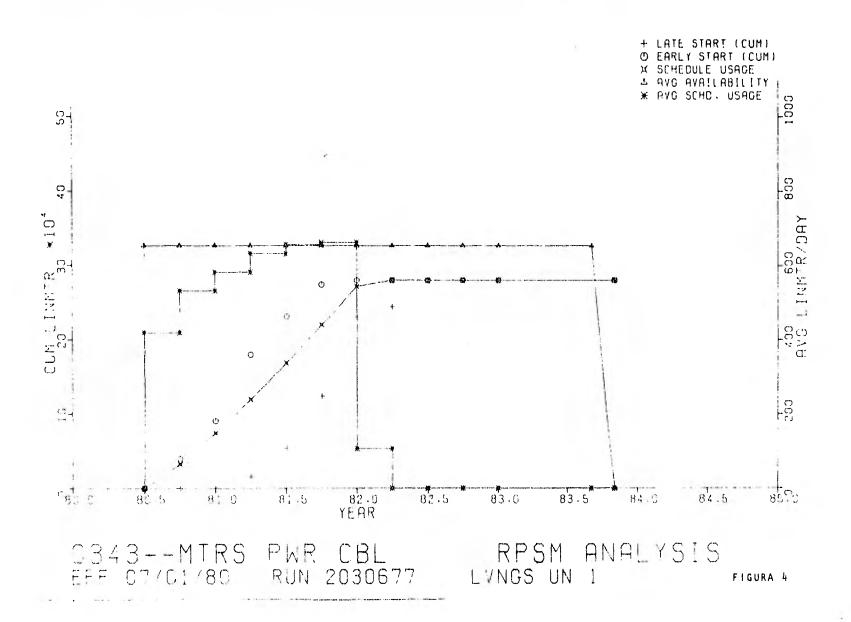
- gráficas o tablas de uso contra disponibilidad de recursos
- listado de actividades críticas
- listas de trabajos a corto plazo

3.1 <u>Tipos de Reporte</u>

3.1.1 Tablas o Gráficas de Uso Contra Disponibilidad de Recursos.

Este reporte nos muestra para cada recurso, sus requerimientos y disponiblidad mensual hasta la terminación del proyecto. Una - cruz al lado derecho del requerimiento nos - indica cuando éste excede a la disponibili-- dad, (ver figura 4).

Un listado al inicio de este reporte nos indica aquellas actividades restringidas por recursos y que, debido a ésto, están programadas en error, esta lista también nos muestra los recursos requeridos por cada actividad. Gracias a ésto, es posible, previo ranálisis, determinar si la disponibilidad ruede ser incrementada, si es necesario revisar la lógica, o si el impacto de la actividad es tal que se requiere retrasar la fecha de terminación.



3.1.2 Reporte de Actividades Críticas

Este reporte es esencial para el análisis de aquellas actividades que muestren atrasos.

En esta lista las actividades están clasificadas por orden ascendente de holguras y en orden cronológico para así poder obtener rutas o cadenas de actividades, (ver figura 5).

Supongamos que la primera ruta de holgura ce ro, nos muestra un atraso de 2 semanas, con respecto a la fecha de terminación requerida del proyecto. Será necesario identificar - aquella actividad que haya contribuído al - atraso y tomar medidas correctivas como puede ser:

- cambiar el tamaño de las cuadrillas o el -
- añadir turnos extra
- desarrollar una nueva lógica
- cambiar prioridades

Es conveniente tratar a las actividades que muestren una holgura de hasta 2 semanas como actividades críticas, ya que ellas también - están causando atraso (aunque menor) para el buen cumplimiento del programa.

```
1-101 THE # 10PLAYD 43 (C1/45126/1106.
                                        Pa66 401
  18 Ves 64 4 4 11 1
             $4514 466# # # $20 4ERAS
```

LIK SECTION ZOU DAYS, WERE ELIMINATED FROM LISTING.

. .

```
41 4,192 111 24
                                                                                                           ACTIVITY
                                                                                                                                                                                                                                    HE'S FARLY
                                                                                                                                                                                                                                                                                                      CRIL. TOTAL EARLY CRIT.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            REJECTED
   TANK (II) HERE RESERVED TO THE PARTY OF THE 
                                                                                                                                                                                                                                                                                                    STARE NEACK FERENCE FIRE FIRE BLAZION EZTO
                              THE PERSON OF THE PERSON CONTRACTOR
                                                                                                                                                                                                                                         135 0100131 0500161
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             0.6 Podardl 33% ist
THE THE THE THE THE THE PAINT PC LINERES AC WALL UN-1
                                                                                                                                                                                                                                                              2690V81 3690V81
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             18.CFUC 1897865 0.0
-. -. -. -. PL 11 ford 19.70 1050 CVINI HH-1 185 2640V91 30NOV81
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             0.6 240ECd1 280ECd1
  .1. 0.: -" WI-1 PLAIFORT 18.70
                                                                                                                                                                         HR THTED CREET
                                                                                                                                                                                                                                                              1603088 180304S
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             0.6 240EC81 280EC81
                                                                                                                                                            INSO CNIME A4-1 IAS
12.4 1 5.3 -444T1 - Lalford EL. 30.70d
                                                                                                                                                                                                                                                             240EC81 280EC41
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             0.6 BUJAHAZ DIFEBB2
7" 1 2" 4 " L " "
                                                                                                                                                                                                                                                              30JA102 83FF1102
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             SELECTED SELEVENCE 9.0
                                -... 21 1:4: " PENFORE AT 25,10 MC-1
 . . . .
                                                                                                                                                                                                                                                      2001 432 03FE382
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             0.6 distant likelied
                                that the tell a field, and the sen in 22.19 et al.
 . . . .
                                                                                                                                                                                                                                                              03APPB2 07APA62
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             0.6 #34r 457 2/2-1-1
                          TARREST SELECTION OF THE PROPERTY PC-1
                                                                                                                                                                                                                                                             SERVATO SHARAED
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             0.6 launthe lidet &
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             0.6 10JULES 14JM 5
                                                                                                                                                                                                                                                              1000088 1400082
                                 THE TOUCHS TAUGHT
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             0.6 144Uond lettente
                                                                                                                                                                                                                                                               14A11342 162162
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             0.5 1420012 in 12
                                end white of the house into Critet whet les
                                                                                                                                                                                                                                                            SOUTHART SHOUAT
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             0.5 155mid2 17. Fod
man to the contract of the second
                                                                                                                                                                              TROU CATAL AM
                                                                                                                                                                                                                                                               1955842 1956842
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              0.6 155.242 17:00
                                  the control of the co
                                                                                                                                                                         1447 COTHE 4441 185 1551932 1956282
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             0.5 1/ 3/0 41 ....
                                                                                                                                                                                                                                                               11 10ARS SIPEVES
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             0.5 17:0vm2 2: 37:2
                                                        4-1 1 6 1 1 MEV EL 30. / MEV E. 1 240
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            C.5 12 Paris 10 land 1
                                                                                                                                                                                                                                                             1783792 PINOVA?
                                                                     7. 000 000 00 1 700 00 30.70 (00) 4 - 01
                                                                                                                                                                                                                                                               1231,35 153167
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             0.0 1dening 15 they
                                        200
                                                                                                                                                                                                                                                              1232517 1032 313
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             1.5 [Darken] 1/100.50
                                                                                                                                                                                                                                                              11.2513 170 603
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             0.0 134233 17121
                                 2 -1 - 11 1 -5 - 12 2 2 1 1 - 30 - 10 n PC-1
                                                                                                                                                                                                                                           28C 13A+ (13 11/1683
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             0.5 0500163 0700185
                                                                                                                                                                                                                                                              05000hs 05001d3
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             D.6 DEWCINS WHILLS
                                        the state of the s
                                                                                                                                                                                                                                           ENTOGER ENTOHOR HAS
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             0.5 Dondred Co., ora
                                                                                                                                                                                                                                                              02172-3 001-263
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             0.5 f7.07-11 ....
                                                                                                   are to the end of the state of 
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             fre the second
                                                                           the state again and evene are the test cos
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             d.o dr.k. . 1. . . .
                                                                                                  6 2 07 HCH3 11/1-CH3
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             a.6 Wattella .colles
                                                           11166 6 7210
                                                                                                                                                                                                                          Z & Z GAMECH3 Tampad3
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             0.0 00-11-4 11-11
                                                     Int. The second of the second
                                                                                                                                                                                                                                                             1,0 000 110 +1111
                                                                                                                                                                                                                                                             15 14 114 05d 154
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              4.6 0p. France - France
                                                 Allertin Alertin Alertin Alertines Alertines are GUANEA OUT A
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              J.5 1-44 . 14 *
                                                                The state of the s
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              6.0 15.5
                                                                                                                                                                                                                                                               ATM . I to 1 to 1
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             9.0 7.42 %
                                                                                                           of the restated the contract of the contract of
                                                                                                                         Section Lies in the Cas of the Indiana Indiana
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            J. 0 62 - 1 - 1 - 1 - 1
                                                                                                                             Chi to be Stride State
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             than the state of
                                                                                                                                 W. to 2017 . . . .
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             1 1e + 1
                                                                                                                                                                                                              . . . .
                                                                                                                                                                                                                                                               10 11 4 7 7 1 4
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             4
                                                                                                                                                                                                                          the same a new action
                                                                                                                                     - 1 - 2 - 7 - 6
                                                                                                                                                                                                                                                              I date the thinks
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             1114 40 07-4000
```

0 3 VAY 54 0744Y04

0.6 0384-84 3744 56

- C WICLEY C

3.1.3 Listas de Trabajos a Corto Plazo

Estas listas nos dan un programa a corto plazo por edificio, por disciplina y por inicio temprano, ya sea en forma tabular o de dia-grama de barras.

El lapso de tiempo más usado es de 90 días, (ver figura 6).

Sirve como guía al contratista o superintendente en la ejecución de los trabajos inme-diatos. Muestran todos los trabajos que se espera que él ejecute en ese intervalo.

3.2 Control y Monitoreo del Programa

De todas las etapas de la implementación del CPM en obra, la del control, monitoreo y actualización es la más importante para cumplir con el programa de obra. Desarrollar un CPM y nunca actualizarlo es como comprar un carro y nunca darle mantenimiento. Las vidas útiles del CPM y del carro se reducen con siderablemente. Al progresar una obra, la técnica requerida para efectuar los últimos trabajos se afina y clarifica. Será necesario, por tanto, incorporar estos refinamientos en el programa.

Tringital House, 15 willord and the processors to be that the ******** FARTER PILE: (UPLAN) MATCO/METPOORTS No. STATUS DATE: "SOCT-PAGE The state of the s BARCHART SCALE = P SYMEGES IFR MONTH *1 . 1 . . . EARCHAFT STAFT = {1AU(P) STATUS DATE MARKER = + = :1ECTH

STATUS FIRTURE I'D = 1 = I INGVE 1911 () = JASITIES .A = JASTICAL = C) 10114114 FARLY MES C C 1 2 C (1 2 C 1 1 2 C 1 1 2 C 1 1 2 C 1 The state of the state of the second corp. Theur 0000000 4 - - - - - - - - - - 15.7. (- L) 15--L2 ************************** The a state to real test (CC) AUX GOILER AREA UA-1 200220122212222222222222222222222 -- 1615 FA • ! - 44 1 4 1 1 4 4 1 7 TL . 19 . 7 1 (TC) TOP U-1 ETA TITLESS STATES STATES CCCC . --- (-) -- 2 : 1 156 5L9 ct. 12.7" (TC) T67 U-1 CCCC . * * . * * 1 *1.1 .15 (1") TCG U-1 000000000 • L : ./ : 1 Tre-t1 00000000 10.1 1 1 of 1 61 T -61 0000000 100 4 2 14 4 E WC TIL P'. 15 (MT) 10r-1 4 1 .1. - 1 .1. 1 .1. I-. 1 1. I-. 1 cccccccccccc 2 - - - - - - 1 16 -1 PF reconcerecenterecenterecenteries -1 17F1 21 • 1

tretecte

1 1 1 41 feet) Total

Pocos proyectos, sino es que ninguno, proceden completamente de acuerdo al plan original. Este plan
no debe ser considerado un plan fijo, sino simple-mente el mejor con el que se cuenta a la fecha y to
dos los cambios futuros encaminados a reflejar la realidad deberán hacerse sin temor.

La fase de control y monitoreo del CPM es la más cara y la que más horas-hombre consume, aproximadamente el doble que la fase de preparación de la - red.*

Una actualización completa de la red, ésto es, in-cluir todos los cambios en los procesos constructivos, estimar los tiempos de duración remanente para
las actividades en progreso, declarar terminadas las actividades que así lo estén, modificar los recursos para las actividades en las que haya cambios,
hacer las nuevas corridas, obtener reportes, distri
buirlos, analizar de nuevo las rutas críticas y recomendar soluciones, debe hacerse cada mes aproxima
damente.

^{*} CONTRACTORS MANAGEMENT HANDBOOK; OBRIEN & BILLY.

El período variará según las condiciones del proyecto. Si hay pocos fondos y, por tanto, poco avance entonces la actualización podrá hacerse cada 2 ó 3 meses.

Si el programa de trabajo es muy apretado y es esen cial planear detalladamente las actividades, posible mente se requiera actualizar la red cada 15 días.

La persona más indicada para estar a cargo del monitoreo es alguien con autoridad, experiencia en construcción y en el manejo de redes. Es posible que deba criticar ciertas áreas, lo que puede crear fricciones con el responsable del área, por ésto, es conveniente que el planeador no dependa directamente del superintendente de construcción. Una planeador experimentado debe ser capaz de presentar una situación crítica en forma política y así lograr que las partes afectadas cooperen en su solución.

La información necesaria para el control y monitoreo se recolecta por medio de inspecciones visuales y de los reportes de campo, sobre cantidades instaladas. El o los planeadores deben hablar con los superinten dentes de construcción y contratistas para averiguar sus planes futuros.

Del encargado de abastecimientos se debe obtener el estado de los materiales y equipo que no se encuentren en sitio. Del encargado de ingeniería se debe obtener el estado de los planos aún no aprobados para construcción.

Una vez obtenida toda esta información él o los planeadores deben identificar las actividades afecta-das, codificar la información y hacer corridas de computadora. Con base en éstas, el Jefe de Planeación debe checar la fecha natural de terminación contra la fecha requerida, si el programa muestra atraso, entonces será necesario tomar acciones correctivas.

El Jefe de Planeación debe analizar las rutas críticas y preparar un reporte narrativo explicando la situación actual de la obra. Parte de este análisis comprende el predecir situaciones futuras, con base en la red y anticipar problemas.

En el anexo, se muestra un reporte de conceptos críticos para la ruta mostrada en la figura 5.

Un planeador experimentado debe buscar soluciones - económicas, tales como efectuar ciertas actividades

en paralelo o buscar mejores formas de secuenciar - las actividades.

Tiempo extra, trabajar turnos completos en sábado y domingo, turnos dobles o triples y aumentar la mano de obra también son soluciones factibles, pero generalmente más caras.

Ocasionalmente, es necesario cambiar completamente la red, debido a cambios en los procesos constructivos pero si la red se mantiene al día estos cambios probablemente no serán necesarios. Si ésto llegara a suceder, es responsabilidad del planeador conjuntar la información requerida para la actualización al igual que se hizo en la fase de preparación de la red, efectuar las revisiones necesarias, hacer corridas, preparar y distribuir reportes y el análisis de las rutas críticas. Al incluir cambios mayores debe ponerse gran atención en los efectos que éstos provocarán en la fecha de terminación.

Es función también del grupo de planeación llevar - un registro histórico de los estimados de duración, duración real, secuencias constructivas, cuotas de instalación reales, etc., que pueden ser de ayuda en la preparación de redes para proyectos similares.

ANEXO: REPORTE DE CONCEPTOS CRITICOS

Fecha de corte 1°NOV 1981 Fecha de corrida 4 NOV 1981

Fecha de Operación Comercial Unidad 1 🚁

Desea da 20/DIC/1984 Calculada 15/DIC/1984 (media semana antes)

Fechas Clave		
Descripción	Inicio temprano	Holgura (Semanas)
INICIAR TRABAJOS ELECTROMECA		
NICOS. EN EL CONTENEDOR PRI-	26/NOV/81	0.6
MARIO.	20/1100/01	0.0
INICIAR LAVADO INTEGRAL	2/NOV/83	0.6
INICIAR PRUEBA HIDROSTATICA		
DE LA VASIJA.	8/DIC/83	0.6

CARGA DE COMBUSTIBLE.	15/JUN/83	0.6

0.6

RUTA CRITICA (0,6 SEMANAS DE HOLGURA)

Descripción :	Terminación Temprana
Sandblasteo y pintura de los muros interiores	
del contenedor primario, muro de sacrificio,	
losa diafrogma	24/DIC/81

Iniciar la instalación de la elataforma a ----; 2000

Iniciar la instalación de la plataforma a 30.703	24/010/81
Instalar plataforma a 22,19	10/JuL/82
Instalar plataformas a 24.254, 25.42 y 26.64	14/AG 0/82
Terminar la instalación de la plataforma a 30.708	15/SEP/82
Instalar tuberfa de venteo de alívio (VR)	12/ENE/83
Instalar tubing de manejo de las barras de co <u>n</u> trol.	2/NOV/83
Efectuar el lavado integral	7/DIC/83
Efectuar la prueba hidrostática de la vasija	5/ENE/84
Terminar pruebas preoperacionales	15/MAY/84
Carga de combustible	15/JUN/84
Pruebas de Potencia	15/010/84

ANALISIS

La operación comercial de la unidad 1, está pronosticada para el 15 de diciembre de 1984. Esto es, 5 días antes de la fecha requerida.

Aparentemente, nos encontramos dentro de programa, pero considerando que hubo reprogramación total del proyecto el mes anterior, esta actualización puede resultar engañosa.

El sandblasteo y pintura de la pared cónica del pozo seco, muro de sacrificio y losa diafragma es cr<u>í</u>
tico, ya que restringe a todas las actividades -electromecánicas en el pozo seco.

La terminación de la pintura está programada para - el 26 de noviembre de 1982, fecha que parece difí--cil de cumplir, ya que el contratista encargado de los trabajos "COCOSA" ha estado trabajando en este frente desde mayo, con resultados poco satisfacto--rios y es probable que se le rescinda el contrato.

De ser así, CFE debe estudiar seriamente las opciones de realizar por sí misma el trabajo o buscar otro contratista. El ciclo de elaboración de un contrato dura aproximadamente 6 meses, por lo que la primera opción parece ser la mejor.

Es posible acortar la ruta si se piensa en efectuar en paralelo ciertas actividades, tales como instala ción de plataformas y tuberías. Pero debido a lo reducido del espacio ésto dificultaría las manio--bras y puede causar daños al material.

Debido a las condiciones de la obra como son: poca disponibilidad de soldadores calificados, espacio - limitado, restricción al número de trabajadores por disciplina autorizados para trabajar en el área y - la imposibilidad de trabajar doble turno, considera mos que el tiempo total estimado para la realización de los trabajos electromecánicos en el pozo seco - 18 meses - es realista y no debe ser modificado, sino hasta contar con datos de campo.

Recomendamos que se acepte el programa actual como bueno y se proceda a la calificación de los pintores de CFE como prioridad 1, para continuar los trabajos de pintura en el pozo seco.

- 4.0 LOS PROGRAMAS DISPONIBLES, SU EVALUACION Y COMPARACION

 En este capítulo, intento mostrar las ventajas y desventajas de los programas de ruta crítica existentes en el mercado, a través de cuadros comparativos. Muestro únicamente 10 programas, por considerar que éstos son los más poderosos según los siguientes criterios de selección:
 - Las técnicas de manejo de redes deben ser por lo menos flechas y precedencias
 - El programa debe aceptar un mínimo de 30,000 activid<u>a</u>
 des
 - El programa debe trabajar con un calendario de 20 años por lo menos

Los datos mostrados son a enero de 1980. Como se puede apreciar, los 10 programas elegidos fueron desarrollados en Estados Unidos y son los únicos capaces de manejar redes grandes eficientemente. Para mayor información sobre programas de menor capacidad ver en la bibliografía el "SURVEY OF CPM, SCHEDULING SOFTWARE PACKAGES".

1923 AMA	133						San	Tagarda Santa				3/2/2/2/2		SEKER	1000 3000	10000 VI	30 501.3034	10,336,000	20 CA		Se Comment of Section 1995	\$ 10 m	5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	COS70	PROCEST FOR
APECS (ALWARDET EVALUATION & CONTROL SYSTEM)	LVAGEANA DE PILICHAS ARECEDENVAS	<i>6</i> 1000	205 X CA5	256	MUNTECY	E15.4ACC	×	24	×	X	х	Х		×	X	x	X	X	14		SOLO EG OPPRIMENT ATRICE OG NOW NETHAN SELVICES.	4/77 <i>1</i>	2009	567UN 5U	B.2 F.DUS ADE CEU (COMPUTER, ESSOURCE UNIT)
APTEMIS	DAGEAMA DE RECKAS PRECEDENDAG PERT.	<i>32</i> 000	.प्रज्याम्बर ा ल	63	320.50	8840%	X	30-00	Х	×	×	Х		X	X	Х	X	X	100		MAGNETT PASKABO 1000 MINI		7.5		NO HAY INFORMACION
ASA PMS	DVAGRAJAA DE FLECHAS FREDENCIRS PEET.	38 <i>0</i> 00	1.473015	5	79	D'ABIC	X	5	X	X	X	X		X	X	X	-X	X	ķο	,	TUN RUKE PONGRYBARA	1766	other	05404/00 5040 AVE AED/00	WE/ABLE SEGON LA MADUINA
N 6500	MAGEANIA LA PIECHAS MACCIONNAS		4		10 (75)	10 า ผูมิต	×	8	×	X	x	x		×	X	Х	Х	Х	21	1100 1	/ WSCO / CINTA / MYSESON	V777	100	\$25000 025	VARIABLE
OPTIMA	EXAGISATIA DE FRECHAS FRECEOUNTAS		160	63	5//	00A€c	×	12	X	Х	Х	х	100	X	x	X	х	X	11	Marin.	1100 CA ME MONTO U- 800	1961	10 AG	#300 DLS VIENSUME	SIN COSTO
OSCAR,	EINGBAHA E REDENG PRESERVA	. 31	100 FGEE: 500FEG 5106FE 1 1786FG	ALD.	" W. VDO	เองสหีอ	×	5	x	х	X	χ		x	X	x	X	X	30	X	ARDYAND A GREYA EECALA	1		CHANNEY	E NO HAU
FREMICI	CHARAMA YACHIN VILACUK A		1.0	150	3111 12171 12071		ax.	Coping	×	×	Υ.	v	The same and	/-	x	X	X	X	44	,×,	370 00 85% K	1975	 60 	# 55000 (15 050 (15 050 (166000) (160000)	NEOGRACION
PROJETY'S	Congresson Contractions		ود الدسية . أ	48/3/2	L'HVIAN	h Malvo	X.	Selling.	Х	X	X,	Х	1	N.	X	х	Х	X	<i>5</i> 0	×	TIMIQUILE IBH 3TO EUACRUME MINACTOO	1970	130	disam are.	YARABLE
A TOKEY 80	CAPPAILS IN CALLARY	Trie over 11	e e	+	7.11		į,	4	1.7	У.		Z.		X	X	X	Х	×	-winos		 056	1770		350 015 A	200 - 17 1 126
TWEELESTE	CHARLES THE STATE OF THE STATE	jazian i Tazian i	tions twee	70	j=) <u>*</u> 4	Fri Arlo	3 7	The state of the s	X	у.	у.	7.		X.	Z.	X	х	Х	74.	¥,	CHANNEY NOT SERVE CYTOBE O	ř	75	MIXOD.	4 = 8 ± CX5 POSE ACTIVIDAD.

A	DATOS GENERALES:
	1 Nombre del Paquete OPTIMA.
	2 Vendedor SPERRY UNIVAC
	3 Dirección P.O. BGX 500, BLUE BELL FH. 19424
	4 Representante A.W. SHAPIRO, MAIL STATIO - B222M
В	INFORMACION GENERAL:
	1 Técnicas para Redes:X Diagrama de Flechas
	· Precedencias
	Pert
	Otras:
	2 Capacidad: 500,000 Número de Actividades por Red
	126 Número de Relaciones por Actividad.
	4,095 Número de Relaciones por Red.
	63 Recursos por Actividad.
	511 Recursos por Red.
	3 Mültiples nodos iniciales y finales: X Si No.
	4 Períodos de Trabajo: X Días
	<u>X</u> Semanas
	X Horas
	X Variable.
	5 Dias Festivos: Standard
	X Definidos por el usuario.
	6 Extensión del Calendario: 100 Años.
	7 Manejo de Multicalendarios: X Si No.
	En caso afirmativo, número de multicalendarios por Pro-
	vecto: 12

8	Numeración de los Nodos; Secuencial
	Random.
	X Alfa-Numérica,
	Numérica sólamente.
9,-	Número Máximo de caracteres para descripción de activi-
	dades12
10,-	Número máximo de caracteres para numeración de nodos
•	6.
11	Existencia de código para sorteo: X sino.
	En caso afirmativo, número de caracteres: 12
	Tipo: X Alfa-Numérico.
	Número sólamente.
12,-	Detección y análisis de Loops: X Si
	No
	Limitado.
13	Identificación de nodos abiertos: Si
	No
	X Limitado,
14	Detección y diagnóstico de errores de entrada: X Si
	No
	Limitado.
15	Medios de trabajo: X Tarjetas
	X_ Cinta
	X Otros:
16	Formatos de codificación: <u>x</u> Fijo
	Libre.

1

	17	Emisión de Reportes de Multiproyectos: X Si No.
		En caso afirmativo: <u>1,105</u> Número de redes
		511 Numero de Recursos
		Número de Interrelaciones.
	18	Facilidad de simulaciones: x Si, alterando el archivo
		maestro
		Si, sin alterar archivo -
		maestro.
		No.
C	INFOR	MACION DE COSTOS:
	1	Emisión de Reportes de Costos: Si No.
D	REPOR	RTES DE RECURSOS
	1	Emisión de Reportes de Recursos: Si, No,
	2	Opciones de Reportes: X Limitación de Recursos
		Limitación de Tiempos
		Optimatización
	3	Algoritmos de asignación de Recursos: X En paralelo
		En Series
		Rompe actividades

E	REPORTES DE PROGRESO;
	1 Emisión de Reportes de Progreso: 💢 Si <u>No</u> .
	En caso afirmativo, formatos aceptados:
	X Por porcentaje realizado.
	Y Por duraciones remanentes.
	Por fechas actuales.
	Y Por fechas estimadas.
	2 Emisión de Reportes de Programa Objetivo: X Si, No.
	En caso afirmativo, número de líneas básicas retenidas:
F	REPORTES:
	1 Reportes Disponibles:
	X Tabulares, de acuerdo a las fechas generadas en la
	red (Inicios tempranos, tardíos, etc.).
	Y Por excepción.
	X Resúmenes.
	χ Diagramas de Barras (en graficador)
	X Dibujo de la Red (en graficador)
	X Curvas de costo.
	X Reportes de Recursos
	X Reportes de Requerimientos de Recursos
	X Reportes de Archivo Maestro.
	Otros.
	2 Opciones disponibles de Sorteos:
	X Por fechas de Inicio.
	X Por fechas de Terminación
	X Por Nodos.
	X Por Holguras.

		X Por Responsabilidades.	
		X Por tipo de Trabajo	
	3	Cálculo de Holguras: X Totales	
		Libres	
		X Negativa	
		X Asignación de Holguras al Program	ar
		por Recursos.	
	4. •	Capacidades de Sumarización: X Si, No.	
	5	Número de Reportes Standard: 11	
	6,-	La generación de Reportes es controlada por el usuario;	
G		Configuración mínima para su proceso: 1100 C.P.U. IMPRESCRA U-200	
	2	Requerimientos del Graficador:	
	3	Lenguaje de Programación: FURTRAM, ASSEMBLER, COBOL	
	4	Programas fuente disponibles;Si,X_No.	
	5	Memoria requerida: 50 K.	
Н	cos	STOS Y EXPERIENCIA:	
	1	Fecha en que fue liberado el paquete: 1968	
	2	Número de clientes-usuarios:	
	3	Documentación disponible: Diagramas de flujo.	
		X Manuales del sistema	
		X Manuales de usuario.	
		Otros:	

	Costo	del paquete;	300 DLLS MENSUALES
5	Costo	de Procesamio	ento: SIN COSTO ADICIONAL
6	Costo	de los manual	es de usuario: SIN COSTO ADICIONAL
7	Costo	del soporte:	SIN COSTO ADICIONAL Instalación.
			SIN COSTG ADICIONAL Mantenimiento.
			SIN COSTG ADICIONAL Entrenamiento.

A	<u>DATOS GENERALES</u> :											
	1 Nombre del Paquete PRGJECT/2											
	2 Vendedor PROJECT SUFTWARE & DEVELOMENT, 11	2 Vendedor PROJECT SUFTMARE & DEVELOPENT, INC.										
	3 Dirección 14 STORY ST., CAMBRIDGE, MA. 02	3 Dirección 14 STORY ST., CAMBRIDGE, MA. 02138										
	4 Representante MR. RAY HARSTICK, VICE PRES	IDENTE, SALES										
В	INFORMACION GENERAL:											
	1 Técnicas para Redes: X Diagrama d	e Flechas										
	· X Precedenci	as										
	X Pert											
	Otras:											
	2 Capacidad: 32,500 Número de Actividad	es por Red										
	ILIMITADONúmero de Relacione	s por Actividad.										
	ILIHITADONúmero de Relacione	s por Red.										
	ILIMITADORecursos por Activi	ILIMITADORecursos por Actividad.										
	ILIMITADORecursos por Red.											
	3 Multiples nodos iniciales y finales:	X Si No.										
	4 Períodos de Trabajo: X Días											
	X Semanas											
	X Horas											
	Variable.											
	5 Dias Festivos: Standard											
	X Definidos	por el usuarió.										
	6 Extensión del Calendario: 57 Años.											
	7. Manejo de Multicalendarios: X. Si	No.										
	En caso afirmativo, múmero de multical											
	yecto: 100											

8,-	Numeración de los Nodos; Secuencial
	X Random.
	Alfa-Numérica,
	Numérica sólamente.
9	Número Máximo de caracteres para descripción de activi-
	dadesILINI_w D0
10,-	Número máximo de caracteres para numeración de nodos
•	9.
11,-	Existencia de código para sorteo: X sino.
	En caso afirmativo, número de caracteres: ILIMITADO
	Tipo: Λ1fa-Numérico,
	X Número sólamente,
12,-	Detección y análisis de Loops: X Si
	No
	. Limitado.
13,-	Identificación de nodos abiertos: X Si
	No
	Limitado,
14	Detección y diagnóstico de errores de entrada:Si
	No
	Limitado.
15	Medios de trabajo: X Tarjetas
	X Cinta
	X Otros:
16	Formatos de codificación:Fijo
	X Libre.

	17	Emisión de Reportes de Multiproyectos: Si No.
		En caso afirmativo: L'MITAD ONOmero de redes
		IL IMITAD ONumero de Recursos
		Número de Interrelaciones.
	18	Facilidad de simulaciones: Si, alterando el archivo
		maestro
		X Si, sin alterar archivo -
		maestro.
		No.
C	INFOR	RMACION DE COSTOS:
	1	Emisión de Reportes de Costos: Si No.
D	REPO	RTES DE RECURSOS
	1	Emisión de Reportes de Recursos: X Si, No.
	2	Opciones de Reportes: Limitación de Recursos
		Limitación de Tiempos
		Optimatización
	3	Algoritmos de asignación de Recursos: En paralelo
		En Series
		Rompe actividades

E	EPORTES DE PROGRESO;	
	Emisión de Reportes de Progreso; X SiNo.	
	En caso afirmativo, formatos aceptados:	
	X Por porcentaje realizado.	
	Por duraciones remanentes.	
	Y Por fechas actuales.	
	X Por fechas estimadas.	
	Emisión de Reportes de Programa Objetivo: X Si, No.	
	En caso afirmativo, número de líneas básicas retenidas: ilmita	ıdı
F	EPORTES:	
	Reportes Disponibles:	
	X Tabulares, de acuerdo a las fechas generadas en la	
	red (Inicios tempranos, tardíos, etc.).	
	Y Por excepción.	
	X Resúmenes.	
	χ Diagramas de Barras (en graficador)	
	X Dibujo de la Red (en graficador)	
	X Curvas de costo.	
	X Reportes de Recursos	
	X Reportes de Requerimientos de Recursos	
	X Reportes de Archivo Maestro.	
	X Otros.	
	Opciones disponibles de Sorteos:	
	X Por fechas de Inicio,	
	X Por fechas de Terminación	
	Y Por Nodos.	
	X Por Holguras.	

	X Por Responsabilidades.
	X Por tipo de Trabajo
	3 Cálculo de Holguras: X Totales
	Libres
	Negativa
	🕺 Asignación de Holguras al Programa
	por Recursos.
	4 Capacidades de Sumarización: X Si, No.
	5 Número de Reportes Standard: 50
	6 La generación de Reportes es controlada por el usuario;
	X Si, No.
G	REQUERIMIENTOS DE HARDWARE/INFORMACION TECNICA:
	1 Configuración mínima para su proceso:
	IBN 370, UNIVAC 110, UNIVAC SERIE 90
	2 Requerimientos del Graficador: CUALQUIER GRAFICADOR DE PLUMA O ELECTROSTATICO
	3 Lenguaje de Programación: ICETRAN
	4 Programas fuente disponibles: Si, X No.
	5 Memoria requerida: 256 K EN IBM
11	COSTOS Y EXPERIENCIA:
	1 Fecha en que fue liberado el paquete: 1970
	2 Número de clientes-usuarios: 430
	3 Documentación disponible: Diagramas de flujo.
	Manuales del sistema
	<u>20</u> Manuales de usuario.
	Otros:

; , -	Costo	del	paque	ete:	2000	DLS 1	MENSU	IALES	US0	IFIMI.	TADO	0 2000	DLLS
	POR HO	RA DE	CPJ EN	IMB :	370 CON	750	DLS.	MENSI	JALES	MINI	10.		Market and the second
i	Costo	de	Proces	samie	nto: _	DEPEN	DIEN	OO DE	_ PRC	BLEMA	IT Y	PO DE	COMPUTADORA
j	Costo	de	los ma	ınual	es de	usua	rio	HAS	TA 35	DLLS	:	i	
7	Costo	de1	sopor	rte:	SIN CA	RGO .			nst	alaci	ón.		
				,	SIN C	\RGO		1	lant	enimi	ient	ο.	
					1875 [JLS. P	OR 4	DIAS	nrr	enami	ent	0	

<u>DATOS GENERALES</u> :
1 Nombre del Paquete PROSYS/80 PROJECT CONTROL SYSTEM
2 Vendedor DATA SYSTEMS INCORPORATED
3 Dirección 20 CROSSMAY TARA NCRIH, WOODBURY, N.Y. 11797
4 Representante LES SESKIM
INFORMACION GENERAL:
1 Técnicas para Redes: X Diagrama de Flechas
· Precedencias
Pert
Otras:
2 Capacidad: 32,000 Número de Actividades por Red
IL <u>IMITAD</u> A Nú mero de Relaciones por Actividad
160,000 Número de Relaciones por Red.
6 Recursos por Actividad.
960 Recursos por Red.
3 Múltiples nodos iniciales y finales: X Si No.
4 Períodos de Trabajo: X Días
X Semanas
Horas
Variable.
5 Dias Festivos: Standard
X Definidos por el usuario.
6 Extensión del Calendario: 20 Años.
7 Manejo de Multicalendarios: X Si No.
En caso afirmativo, número de multicalendarios por Pr
yecto: 3

8	Numeración de los Nodos: Secuencial
	X Random.
	Alfa-Numérica.
	Numérica sólamente.
9,-	Número Máximo de caracteres para descripción de activi-
	dades 48.
10,-	Número máximo de caracteres para numeración de nodos
• 8	
11	Existencia de código para sorteo: X sino.
	En caso afirmativo, número de caracteres: 64.
	Tipo: X Alfa-Numérico.
	Número sólamente.
12,-	Detección y análisis de Loops: X Si
	No
	Limitado.
13	Identificación de nodos abiertos: X Si
	No
	Limitado,
14	Detección y diagnóstico de errores de entrada: X Si
	No
	Limitado.
15,-	Medios de trabajo: X Tarjetas
	X Cinta
	X Otros:
16	Formatos de codificación: Fijo
	Libre.

•

	- 3 -
	17 Emisión de Reportes de Multiproyectos: X Si No.
	En caso afirmativo: LEMITADO Número de redes
	900 Numero de Recursos
	Número de Interrelaciones.
	18 Facilidad de simulaciones: Si, alterando el archivo
	maestro
	Si, sin alterar archivo -
	maestro.
	No.
c	INFORMACION DE COSTOS:
	1 Emisión de Reportes de Costos: X Si No.
D	REPORTES DE RECURSOS
	1 Emisión de Reportes de Recursos: X Si, No.
	2 Opciones de Reportes: X Limitación de Recursos
	Limitación de Tiempos
	Optimatización
	3 Algoritmos de asignación de Recursos: En paralelo En Series
	Rompe actividades

F	REPORTES DE PROGRESO:
	1 Emisión de Reportes de Progreso: X Si No.
	En caso afirmativo, formatos aceptados:
	X Por porcentaje realizado.
	Y Por duraciones remanentes.
	Y Por fechas actuales.
	Y Por fechas estimadas.
	2 Emisión de Reportes de Programa Objetivo: X Si,No.
	En caso afirmativo, número de líneas básicas retenidas:
F	REPORTES:
	1 Reportes Disponibles:
	X Tabulares, de acuerdo a las fechas generadas en la
	red (Inicios tempranos, tardíos, etc.).
	X Por excepción.
	X Resúmenes.
	X Diagramas de Barras (en graficador)
	X Dibujo de la Red (en graficador)
	X Curvas de costo,
	X Reportes de Recursos
	X Reportes de Requerimientos de Recursos
	Reportes de Archivo Maestro.
	X Otros.
	2 Opciones disponibles de Sorteos:
	X Por fechas de Inicio.
	X Por fechas de l'erminación
	Y Por Nodos.
	X_ Por Holguras.

		X Por Responsabilidades.
		Y Por tipo de Trabajo
	3	Cálculo de Holguras: X Totales
		Libres
		Negativa
		X Asignación de Holguras al Program
		por Recursos.
	4	Capacidades de Sumarización: X Si, No.
	5	Número de Reportes Standard: ILIMITADO
	6	La generación de Reportes es controlada por el usuario;
		<u>X</u> Si,No.
	1	Configuración mínima para su proceso:
	2	Requerimientos del Graficador: DE PLUMA, ELECTROSTATICA, ETC.
	3,-	Lenguaje de Programación: FORTRAN
	4	Programas fuente disponibles: X Si, No.
	5	Memoria requerida: 256K MINIMO 550 MAXIMO
l	COS	STOS Y EXPERIENCIA:
	1	Fecha en que fue liberado el paquete: 1976
	2	Número de clientes-usuarios: 25
	3	Documentación disponible: Diagramas de flujo.
		X Manuales del sistema
		xManuales de usuario.
		Otros:

				SIN C	ARGO EXTRA	Entr	enar	miento,	
				2400	DLS. ANUALE	S_Mant	eni	miento.	
7	Costo	de1	soporte:	SIN C	NRGO EXTRA	Inst	ala	ción.	
6	Costo	de	los manual	es de	usuario:	45 D	LS.		
5	Costo tipo d	de l e rep	Procesamic orte.	ento: Di	2 ctvs. Di	LS. / 5c	tvs.	dependiendo	del
	_de=80	o bis	A 1750 DIS	MENSUAI	ES SEGUN II	<u>n. </u>			
4	Costo	del	paquete:	DE 32	,000 DLS. A	70,000	DLS (COMPRA	

. . .

.

5.0 EJEMPLO

Desarrollo de la red de actividades para el control de la construcción de la obra negra de un conjunto CONALEP.

Seguiré para el desarrollo de este ejemplo, los incisos - del capítulo 2.

5.1 Plan de Acción

- 5.1.1 Información Básica
- 5.1.1.1 Alcance del proyecto

El alcance del proyecto está definido en - los planos civiles de los que se derivan - los croquis mostrados en las figuras 7 y 8.

Los conceptos a programar son los mostrados en la tabla 9.

5.1.1.2 Estimaciones y rendimientos

Se utilizarán los mismos rendimientos y estimaciones utilizados en la elaboración de los precios unitarios, ver tabla 9.

5.1.1.3 Entregas de equipo y terminación de ingeni \underline{e}

No existe ningún equipo mayor, cuya fabrica ción pueda retrasar la terminación del proyecto. La ingeniería está completamente terminada y los planos civiles aprobados para cons-trucción

5.1.1.4 Cuadrillas tipo

En el cálculo de duraciones se usarán las mismas cuadrillas tipo que fueron utilizadas en el cálculo de los precios unitarios, ver tabla 10.

5.1.1.5 Fecha de terminación

Se requiere terminar la obra negra 5 meses después de la firma del contrato.

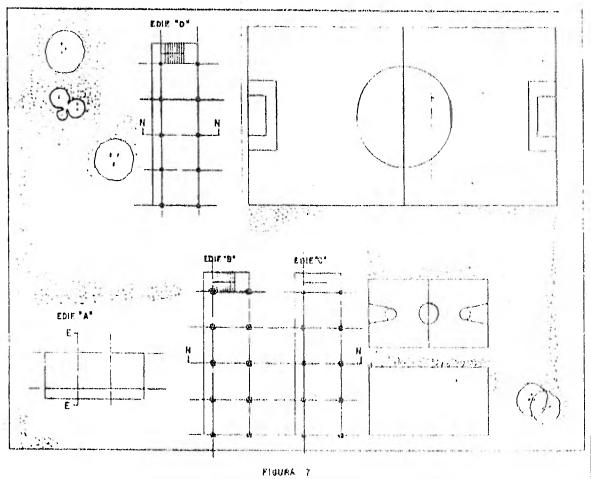
5.1.2 Estructuración de los Diagramas Lógicos

5.1.2.1 Organización de construcción

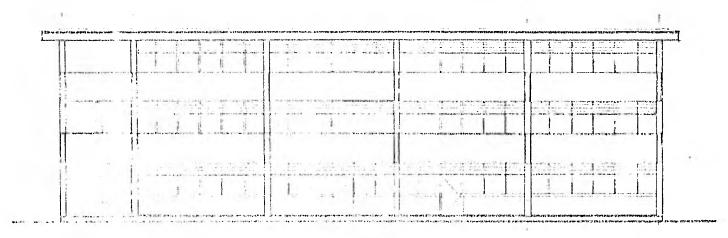
La organización es muy simple en este caso. Se tendrá un residente de obra a cargo de todos los frentes civiles. Debi,do a que él será el único ingeniero responsable y a que sólo estamos programando la obra civil no habrá necesidad de destinar uno o dos números del código de sorteo para identificar responsabilidades o disciplinas.

5.1,2.2 Nivel de detaile

La obra se controlará por edificio, eleva-ción y por zona (por colado), ya que se - -







EDIFICIOS P.G.D.

FIG &

trata de un proyecto civil de menor escala en el que el alcance y los procedimientos constructivos están perfectamente definidos y, por tanto, es posible estructurar una red con bastante detalle sin invertir una gran cantidad de horas-hombre en su desarrollo y mantenimiento.

Para este ejemplo utilizaré precedencias como método de manejo de redes y, por tanto,
tendremos números de identificación actividades en vez de nodos.

Cada actividad será identificada por 4 dígi tos, con la siguiente interpretación:

1er. dígito - identificador del área o edificio

20. dígito - identifica la naturaleza del trabajo

P-PRELIMINAR

C-CIMENTACIONES

E-ESTRUCTURA

30. y 40. dígitos - número de la actividad.

El 10. y 20. dígitos también servirán para identificar los distintos diagramas.

- 56 -

EJEMPLO:

LA ACTIVIDAD ACO1 A-EDIFICIO A

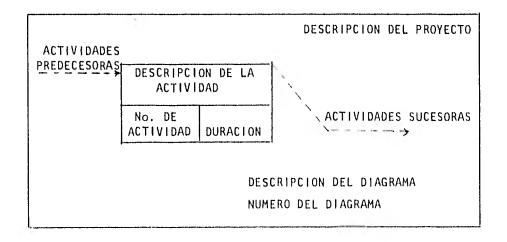
C-CIMENTACIONES

01-NUMERO DE LA ACTIVIDAD

EN EL DIAGRAMA AC

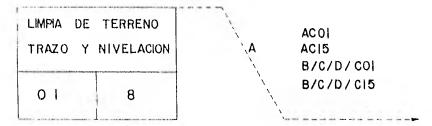
NOTA: La actividad OPO1 es general para todos los edificios y la actividad AE99 se re
fiere a la terminación del proyecto. No se
utilizará otro código de sorteo.

El formato de los diagramas lógicos será el mostrado a continuación:

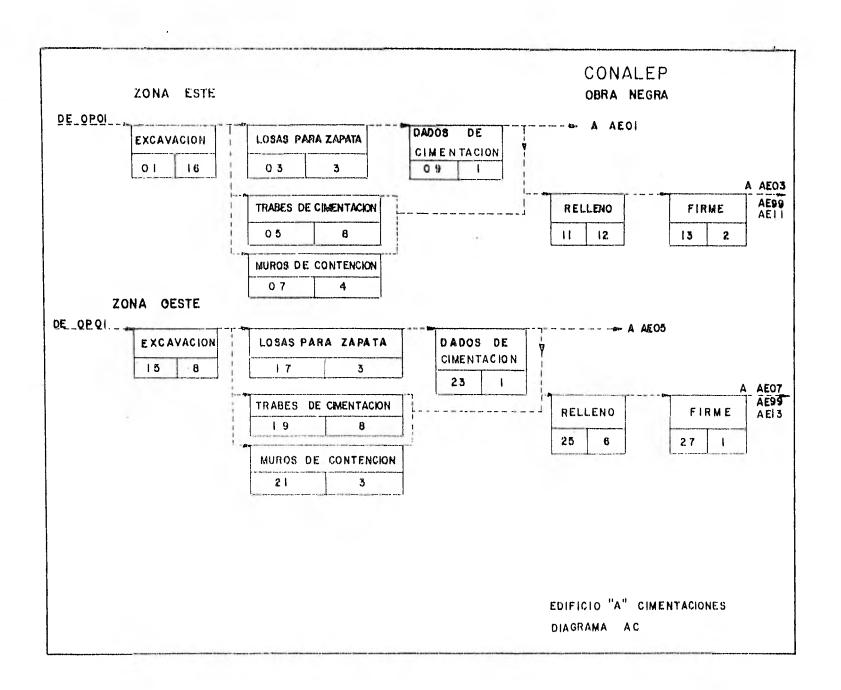


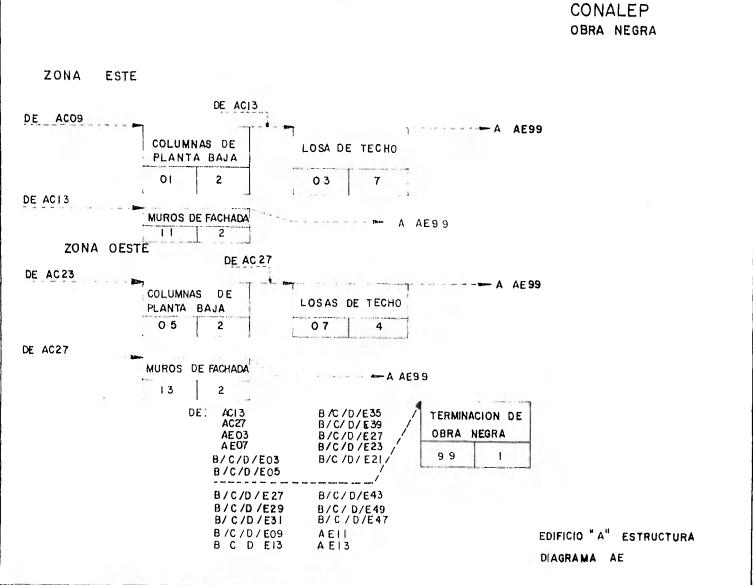
57 -

CONALEP OBRA NEGRA



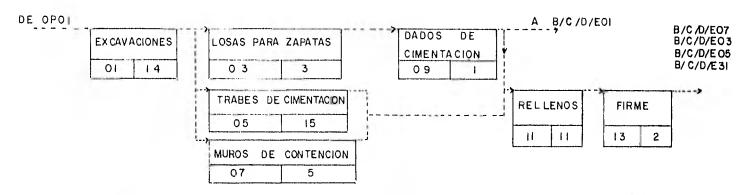
OBRAS PRELIMINARES DIAGRAMA OP



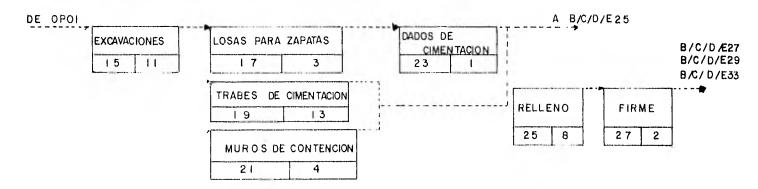


CONALEP OBRA NEGRA

ZONA NORTE



ZONA SUR



EDIFICIOS B,C,D,CIMENTACIONES DIAGRAMAS BC,CC,DC

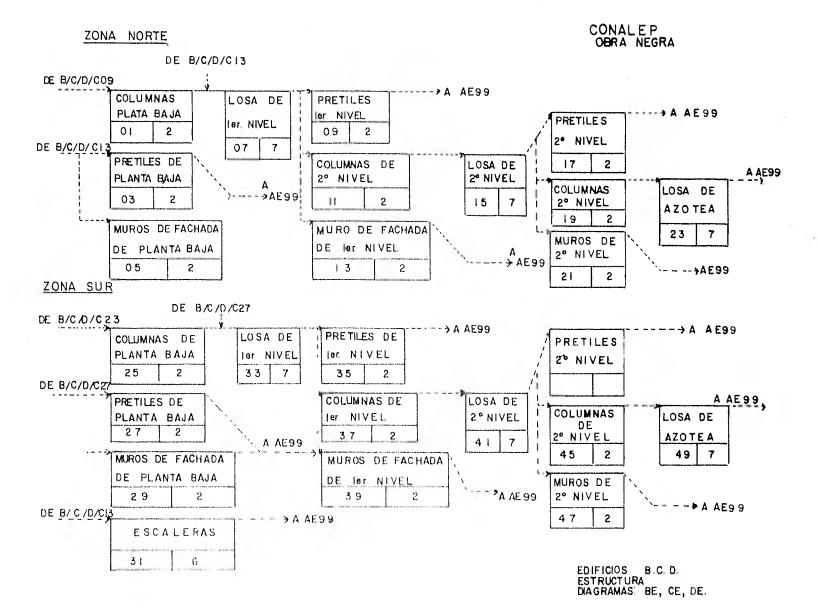


TABLA 9

CONCEPTO	CANE LDAD	UNID.	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	RENDIMIENTO CONSIDERANDO CIMBRA
LIMPIEZA DE TERRENO, TRAZO Y					
NIVELACION	2100	m2	30.9h	0.42 hrs/m2	
EXCAVACION, INCLUYE ACARREO	1500	m3	318.53	5.13 hrs/m3	
PLANTILLA DE CONCRETO F'c = 100	1,500	,	310.23	J. 1. J. 1.1, 1, 11.1	
KG/CM2, 6 CM. DE ESPESOR	955	m2	129.91	.36 hrs/m2	0.36 hrs/m2
CONCRETO f'c = 200 KG/CM2 EN -)))	1112.	163.71	. 50 111 37 112	0. 30 111 371112
LOSAS PARA ZAPATA DE CIMENTA					
CION .	0.50	m3	2766.48	2.28 hrs/m3	2 28 har/m2
CONCRETO F'C = 200 KG/CM2 EN -	2 39	m)	2/00,40	2.20 11(5/11)	2.20 11(5/11)
TRABES DE CIMENTACION	206	3	F200 27	21.88 hrs/m3	26 65 has /m2
	200	m3	5399.27	21.00 nrs/m3	20.09 1157113
CONCRETO f'c = 200 KG/CM2 EN -					
MUROS DE CONTENCION, ESPESOR DE	10		E 200 27	01 00 1 / 2	27 20 1 - 1 - 2
25 CM.	60	m3	5309.27	21.88 hrs/m3	2/.00 hrs/m3
CONCRETO f'c = 200 KG/CM2 EN	,	•	0.7770	2 22 5 -/-2	0.0 1/1
DADOS DE CIMENTACION	6	m3	2756 48	2.23 hrs/m3	9.8 hrs/m3
RELLENO CON MATERIAL PRODUCTO DE		_		. 0	
LA EXCAVACION	1500	m3	2 3 3.53	3.85 hrs/m3	
HABILITADO Y COLOCACION DE ACERD					
DE REFUERZO Fy = 4000 KG/CM2 EN					
CIMENTACION	72500	kg	5.30	0.015hrs/kg [±]	
CONCRETO f'c = 200 KG/CM2 EN					
COLUMNAS	42	m3	5569.27	21.38 hrs/m3	26,65 hrs/m3
CONCRETO f'c = 200 KG/CM2 EN	2400	m2			
LOSA ALIGERADA	643	m3	1715.34	0.71 hrs/m2	1.8 hrs/m2
CONCRETO f'c = 200 KG/CM2 EN LO-	0.5	,			
SA DE TRAMPAS DE ESCALERAS	11	m3	10244.20	10.94 hrs/m3	14.9 hrs/m3
CONCRETO f'c = 200 KG/CM2 EN	• •	,	10211120	10151 1115/1115	, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,
PERFILES DE ENTREPISO Y AZOTEA	37	m3	4818.33	2.10 hrs/m3	10.00 hrs/m3
CONCRETO f'c = 200 kG/CM2 EN	ונ	לווו	,0,0,,	2110 1113/1119	,5105 (715711)
MUROS DE FACHADA	86.6	m3	10244.20	10.94 hrs/m3	14 9 hrs/m2
HABILITADO Y COLOCACION DE	00.0	כ ייו	10277.20	10177 1113/107	
ACERO DE REFUERZO EN ESTRUCTURA					
	125000	les	r 2	0.015hrs/kg*	
fy = 4000 KG/CM2	125000	kg	5.3	o.orburzyką»	

[#] EL RENDIMIENTO E REFIERE UNICAMENTE A COLOCACION DE ADERO DE REFUERZO.

TABLA 10

						ADRILLA		
CONCEPTO	PEON	CABO	AYUDANTE	FIERRERO	ALBAÑIL	OFTCIAL	TOPOGRAFO	CARPINTER
LIMPIA DE TERRENO, TRAZO Y				.,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,				
NIVELACION	10		3			1	1	
EXCAVACION, INCLUYE ACARREO	1	1/10						
PLANTILLA DE CONCRETO I'c								
= 100 kg/cm2, 6cm ESPESOR	3	1/10			1			
CONCRETO f'c =200 kg/cm2 EN								
LOSAS PARA ZAPATA CIMENTA-								
CION	3	1/5			2			
CDNCRETO f'c=200kg/cm2 EN	-							
TRABES DE CIMENTACION	2	1/4	3		2			1
CONCRETO f'c =200kg/cm2 EN			-					
MUROS DE CIMENTACION, ESPE-								
SOR DE 25 cm.	2	1/4	3		2			1
CONCRETO f'c=200kg/cm2 EN	_	•	•					
DADOS DE CIMENTACION	3	1/5	1		2			ı
RELLENO CON MATERIAL PRO	,	.,,	•		_			
DUCTO DE LA EXCAVACION	1	1/10						
COLOCACION DE ACERO DE RE-	•	,						
FUERZO fy=4000kg/cm2 EN								
CIMENTACION			2	2		1/2		
CONCRETO f'c=200kg/cm2 EN			_			., -		
COLUMNAS	2	1/4	3		2			1
CONCRETO f'c=200kg/cm2 EN	•	., ,	,					
LOSA ALIGERADA	4	1/2	1		3			1
CONCRETO f'c=200kg/cm2 EN	•	., ~	•		,			·
LOSA DE TRAMPAS DE ESCALERA	2	1/4	3		2			1
CONCRETO f'c=200kg/cm2 EN	L	1,7-1	,					•
PERFILES DE ENTREPISO Y								
AZOTEA	l ₄	1/2	1		3			1
CONCRETO f'c=200kg/cm2 EN	-7	172	•		,			•
MUROS DE FACHADA	2	1/4	3		2			4
	2	17'1	,		L			•
COLOCACION DE ACERO DE RE-								
FUERZO fy=4000kg/cm2 EN			2	2		1/2		
ESTRUCTURA			2	4		1/2		
COLOCACION DE BLOQUES DE	10							
POLIESTILENO EN LOSAS	10	1						

5.1.3 Obtención de Duraciones

ACTIVIDAD OPO1

cantidad 2100 m2

rendimiento 0.42 hrs/m2

mano de obra 15 gentes

duración =
$$\frac{2100 \times 0.42}{15 \times 7}$$
 = 8.4 días

todas las duraciones se redondearán a días enteros ... duración = 8 días

ACTIVIDAD AC15

el volúmen de excavación se repartirá proporcionalmente al área

$$\text{área} = \frac{498.39}{3} = 166.13 \text{ m2}$$

volumen =
$$\frac{166.13}{2100}$$
 X 1500 = 118.66 m3

rendimiento = 5.13 hrs/m3

mano de obra = 1.1 gentes

duración =
$$\frac{118.66 \times 5.13}{1.1 \times 7}$$
 = 79 días

suponiendo, mano de obra = 11 gentes

duración =
$$\frac{118.66 \times 5.13}{11 \times 7}$$
 = 8 días

ACTIVIDAD ACO1

$$volumen = 118.66 \times 2 = 237.32 \text{ m}$$

rendimiento = 5.13 hrs/m3.

mano de obra = 11 gentes

duración =
$$\frac{237.32 \times 5.13}{11 \times 7}$$
 = 16 días

0001

DC01

volumen =
$$\frac{299.49}{2100}$$
 X 1500 = 213.92 m3

rendimiento = 5.13 hrs/m3

mano de obra = 11 gentes

duración =
$$\frac{213.92 \times 5.13}{11 \times 7}$$
 = 14 días

ACTIVIDADES BC15

CC15

DC 15

$$\text{área} = 533.87 - 299.49 = 234.38 m2$$

volumen =
$$\frac{234.38}{2100}$$
 X 1500 = 167.42 m2

rendimiento = 5.13 hrs/m

mano de obra = 11 gentes

duración:
$$\frac{167.42 \times 5.13}{11 \times 7} = 11 \text{ días}$$

ACTIVIDAD AC27

rendimiento = 0.36 hrs/m2

mano de obra = 4.1 gentes

duración =
$$\frac{75.55 \times 0.36}{4.1 \times 7}$$
 = 1 día

ACTIVIDAD AC13

rendimiento = 0.36 hrs/m2

mano de obra = 4.1 gentes

duración =
$$\frac{151.1 \times 0.36}{4.1 \times 7}$$
 = 2 días

ACTIVIDADES BC13

CC13

DC13

rendimiento = 0.36 hrs/m2

mano de obra = 4.1 gentes

duración =
$$\frac{135.96 \times 0.36}{4.1 \times 7}$$
 = 2 días

ACTIVIDADES BC27

CC27

DC27

rendimiento = 0.36 hrs/m2

mano de obra = 4,1 gentes

duración =
$$\frac{106.82 \times 0.36}{4.1 \times 7}$$
 = 2 días

ACTIVIDADES AC17

el volumen se repartirá proporcionalmente al número de zapatas.

No, de zapatas = 4 unidades

volumen =
$$\frac{4}{4\pi}$$
 X 239 = 21.73 m3

rendimiento = 2.28 hrs/m3

mano de obra = 5.2 gentes

duración = $\frac{21.73 \times 2.28}{5.2 \times 7}$ = 2 días

para el total de acero para zapatas, aquel se repartirá proporcionalmente al volumen de concreto

acero = $\frac{230}{511}$ X 72500 = 33909 kg

para el cálculo de duraciones supondremos que cada zapata puede ser cimbrada y colada después de armada.

acero =
$$\frac{1}{44}$$
 X 33909 = 770.6

rendimiento = 0.015 hrs/kg

mano de obra = 4.5 gentes

duración =
$$\frac{770.6 \times 0.15}{4.5 \times 7}$$
 = 1 día

... duración total = 3 días

ACTIVIDADES BC03 BC17

CC03 CC17

DCO3 DC17

No. de zapatas = 6 unidades

volumen =
$$\frac{6}{44}$$
 X 239 = 32.59 m3

rendimiento = 2.28 hrs/m3

mano de obra = 5.2 gentes

duración =
$$\frac{32.59 \times 2.23}{5.2 \times 7}$$
 = 2 días

duración total = 2 + 1 = 3 días

ACTIVIDAD AC19

el volumen se repartirá proporcionalmente a la longitud de las trabes.

volumen =
$$\frac{28.80}{406.40}$$
 X 206 = 14.06 m3

rendimiento = 26.65 hrs/m

mano de obra = 8.25 gentes

duración =
$$\frac{14.6 \times 26.65}{8.25 \times 7}$$
 = 7 días

volumen de acero para trabes = $\frac{206}{511}$ X 72500 =

29227.0 kg

para la actividad

rendimiento = 0.015 hrs/kg

mano de obra = 8.25 gentos

duración =
$$\frac{517 \times 0.015}{8.25 \times 7}$$
 = 1 día

.'. duración total = 8 días

ACTIVIDAD ACOS

volumen =
$$\frac{43}{406.40}$$
 x 206 = 21.90 m3

rendimiento = 26 6; hrs/m3

mano de obra = 8.25 gentes

duración
$$\frac{21.90 \times 26.65}{8.25 \times 7} = 10 \text{ días}$$

duración total = 10 + 1 = 11 días

ACTIVIDADES BC05

CC05

DC 05

volumen = $\frac{58.4}{406.4}$ X 206 = 29.6 m3

rendimiento = 26.65 hrs/m3

mano de obra = 8.25 gentes

duración = $\frac{29.6 \times 26.65}{8.25 \times 7}$ = 14 días

duración total = 15 días

ACTIVIDADES BC19

CC19

DC19

volumen= $\frac{50.4}{406.4}$ X 206 = 25.55 m3

rendimiento = 26.65 hrs/m3

mano de obra = 8.25 gentes

duración = $\frac{25.55 \times 26.65}{8.25 \times 7}$ = 12 días

duración total = 12 + 1 = 13 días

ACTIVIDAD AC21

el volumen se repartirá proporcionalmente a

la longitud de los muros

volumen = $\frac{21.6}{297.6}$ X 60 = 4.25 m3

rendimiento = 27 hrs/m3

mano de obra = 8.25 gentes

duración = $\frac{4.35 \times 27}{8.25 \times 7}$ = 2 días

duración armado = 1 día

duración total = 3 días

ACTIVIDAD ACO7

volumen =
$$\frac{36}{297.6}$$
 X 60 = 7.26 m3

rendimiento = 27 hrs/m3

mano de obra = 8.25 gentes

duración =
$$\frac{7.26 \times 27}{8.25 \times 1}$$
 + 1 = 4 días

ACTIVIDADES BCO7

CC07

0007

volumen=
$$\frac{44}{297.6}$$
 X 60 = 8.87 m3

rendimiento = 27 hrs/m3

mano de obra = 8.25 gentes

duración =
$$\frac{8.87 \times 27}{8.25 \times 7}$$
 + 1 = 5 días

ACTIVIDADES BC21

CC21

DC 2 1

volumen =
$$\frac{36}{297.6}$$
 X 60 = 7.26 m3

rendimiento = 27. hrs/m3

mano de obra = 8.25 gentes

duración =
$$\frac{7.26 \times 27}{8.25 \times 7}$$
 + 1 = 4 días

ACTIVIDADES ACO9

AC23

el volumen se repartirá proporcionalmente al número de dados

volumen = $\frac{4}{44}$ X 6 = 0.55 m3

rendimiento = 9.8 hrs/m

mano de obra = 7.2 gentes

duración = $\frac{0.55 \times 9.8}{7.2 \times 7}$ + 1 = 1 día

ACTIVIDADES BC09 BC23

CC09 CC23

DC09 DC23

volumen = $\frac{6}{44}$ X 6 = 0.82 m3

rendimiento = 9.8 hrs/m

mano de obra = 7.2 gentes

duración = $\frac{0.82 \times 9.8}{7.2 \times 7}$ + 1 = 1 día

ACTIVIDAD AC25

el volumen de relleno se repartirá proporci<u>o</u>

nalmente al área

volumen = 118.66 m3

rendimiento = 3.85 hrs/m3

mano de obra = 11 gentes

duración = $\frac{118.66 \times 3.85}{11 \times 7}$ = 6 días

ACTIVIDAD AC11

volumen = 237.32 m3

rendimiento = 3.85 hrs/m3

mano de obra = 11 gentes

duración = $\frac{237.32 \times 3.85}{11 \times 7}$ = 12 días

ACTIVIDADES BC11

CC11

DC11

volumen = 213.92 m3

rendimiento = 3.85 hrs/m3

mano de obra = 11 gentes

duración = $\frac{213.92 \times 3.85}{11 \times 7}$ = 11 días

ACTIVIDADES BC25

CC25

DC25

volumen = 167.42 m3

rendimiento = 3.85 hrs/m3

mano de obra 💻 11 gentes

duración = $\frac{167.42 \times 3.85}{11 \times 7}$ = 8 días

ACTIVIDADES AEOT

AE 05

el volumen se repartirá proporcionalmente al número de columnas.

volumen =
$$\frac{h}{116} \times 42 = 1.45 \text{ m}3$$

rendimiento = 26.65 hrs/m

mano de obra = 8.25 gentes

duración = $\frac{1.45 \times 26.65}{8.25 \times 7}$ = 1 día

total de acero para columnas = $\frac{42}{824.6}$ X 125000 = 6366.7 kg

para la actividad

rendimiento = 0.015 hrs/kg

mano de obra = 8.25 gentes

duración =
$$\frac{219.5 \times 0.015}{8.25 \times 7}$$
 = 1 día

duración total = 2 días

volumen =
$$\frac{6}{116}$$
 X 42 = 2.17 m3

rendimiento = 26.65 hrs/m3

mano de obra = 8.25 gentes

duración =
$$\frac{2.17 \times 26.65}{8.25 \times 7}$$
 + 1 = 2 días

ACTIVIDAD AE07

$$área = 75.55 m2$$

rendimiento = 1.8 hrs/m2

mano de obra = 9.5 gentes

duración =
$$\frac{75.55 \times 1.8}{9.5 \times 7}$$
 = 2 días

total de acero para

losas =
$$\frac{648}{824.6}$$
 X 125000 = 98229.4 kg

para la actividad

acero =
$$\frac{75.55}{2411.67}$$
 X 98229.4 = 3077.22 kg

rendimiento = 0.015 hrs/kg

mano de obra = 4.5 gentes

duración =
$$\frac{3077.22 \times 0.015}{4.5 \times 7}$$
 = 2 días

duración total = 2 + 2 = 4 días

ACTIVIDAD AE03

área = 151.1 m2

rendimiento = 1.8 hrs/m2

mano de obra = 9.5 gentes

duración =
$$\frac{151.1 \times 1.8}{9.5 \times 7}$$
 = 4 días

acero de refuerzo

volumen =
$$\frac{151.1}{2411.67}$$
 X 98229.4 = 6154.43 kg

rendimiento = 0.015 hrs/kg

mano de obra = 4.5 gentes

duración =
$$\frac{6154.43 \times 0.015}{4.5 \times 7}$$
 = 3 días

duración total = 7 días

NOTA: supondré despreciable el efecto de la losa de techo en la sección de escaleras para efectos del ejemplo:

ārea = 242.78 X 0.5 = 121.39 m2

rendimiento = 1.8 hrs/m2

mano de obra = 9.5 gentes

duración = $\frac{121.39 \times 1.8}{9.5 \times 7}$ = 4 días

acero de refuerzo

volumen = $\frac{121.39}{2411.67}$ X 98119.4 = 4944.13 kg

rendimiento = 0.015 hrs/kg

mano de obra = 4.5 gentes

duración = $\frac{4944.13 \times 0.015}{4.5 \times 7}$ = 3 días

duración total = 7 días

ACTIVIDADES BEO3 BEO9 BE17
CEO3 CEO9 CE17
DEO3 DEO9 DE17

el volumen se repartirá proporcionalmente a la longitud

volumen = $\frac{18.40}{295.2}$ x 37 = 2.31 m3

rendimiento = 10 hrs/m3

mano de obra = 9.5 gentes

duración = $\frac{2.31 \times 10}{9.5 \times 7}$ + 1 = 2 días

volumen =
$$\frac{14.4}{295.2}$$
 X 37 = 1.8 m3

rendimiento = 10 hrs/m3

mano de obra = 9.5 gentes

duración =
$$\frac{1.8 \times 10}{9.5 \times 7}$$
 + 1 = 2 días

ACTIVIDAD AE13

El volumen se repartirá proporcionalmente a

la longitud

volumen =
$$\frac{24.20}{746.80}$$
 X 86.6 = 2.81 m3

rendimiento = 14.9 hrs/m3

mano de obra = 8.25 gentes

duración =
$$\frac{2.81 \times 14.9}{8.25 \times 7}$$
 + 1 = 2 días

ACTIVIDAD AE11

volumen =
$$\frac{38.6}{746.8}$$
 X 86.6 = 4.48 m3

rendimiento = 14.9 hrs/m3

mano de obra = 8.25 gentes

duración =
$$\frac{4.48 \times 14.9}{8.25 \times 7}$$
 + 1 = 2 días

ACTIVIDADES BE05 BE13 BE21 BE29 BE39 BE47 CE05 CE13 CE21 CE29 CE39 CE47 DE05 DE13 DE21 DE29 DE39 DE47

Consideraré despreciable el efecto del muro posterior de la escalera

volumen =
$$\frac{36}{746.8}$$
 X 86.6 = 4.17 m3

rendimiento = 14.9 hrs/m3

mano de obra = 8.25 gentes

duración =
$$\frac{4.17 \times 14.9}{8.25 \times 7}$$
 + 1 = 2 días

ACTIVIDADES BE31 CE31 DF31

volumen = $\frac{11}{3}$ = 3.67 m3 trabajando un nivel a

la vez: volumen = 1.22 m3

rendimiento = 14.9 hrs/m3

mano de obra = 8.25 gentes

duración = $\frac{1.22 \times 14.9}{8.25 \times 7}$ + 1 = 2 días

para los 3 niveles: duración = 6 días

5.2 Planeación de Recursos

Supondremos que la principal restricción, en cuanto a recursos se refiere, será la cimbra para losas; - sólo será posible cimbrar 4 zonas simultáneamente - o sea aproximadamente 480 m2, lo que tomando en cuenta la duración de las actividades son aproximadamen. 'te 80 m2 diarios.

Por otra parte, para lograr una nivelación de recursos adecuada en cimentaciones, supondremos un máximo de 35 m3/día de excavación.

Los criterios de optimización de recursos serán los siguientes:

- 1) todas las actividades serán tomadas en cuenta.
- 2) las actividades serán enlistadas en orden ascendente de holgura, tendrán prioridad aquéllas que tengan menos holgura.
- 3) el programa tomará la primera actividad de la lista en el primer período de tiempo y comparará los requerimientos de recursos de la actividad contra su disponibilidad, si aquéllos son menores la actividad será programada y la nueva
 disponibilidad para ese período de tiempo se ob
 tendrá restando los recursos usados por la acti
 vidad ya programada. Si la actividad no puede
 ser programada será retrasada un período de tiem
 po para ser reanalizada posteriormente.
- 4) el programa buscará la siguiente actividad en la lista en ese período de tiempo y realizará el mismo proceso enunciado en el punto 3.

Si al llegar a la fecha de terminación todavía faltan actividades por programar, esta fecha será reb<u>a</u> sada, pero el límite en la disponibilidad de recursos permanecerá igual. Para el ejemplo, ésto es conveniente ya que el programa a fechas tempranas termina el 20 de abril (ver figura 28) y, por tanto,
es posible retrasar algunas actividades sin excedernos del lapso requerido de 5 meses.

5.3 Reportes Computarizados

Para la computarización de la red, utilizaré el programa de ruta crítica OPTIMA, descrito con anterioridad en el capítulo 4.

TABLAS O GRAFICAS DE USO CONTRA DISPONIBILIDAD DE R $\underline{\mathbf{E}}$ CURSOS.

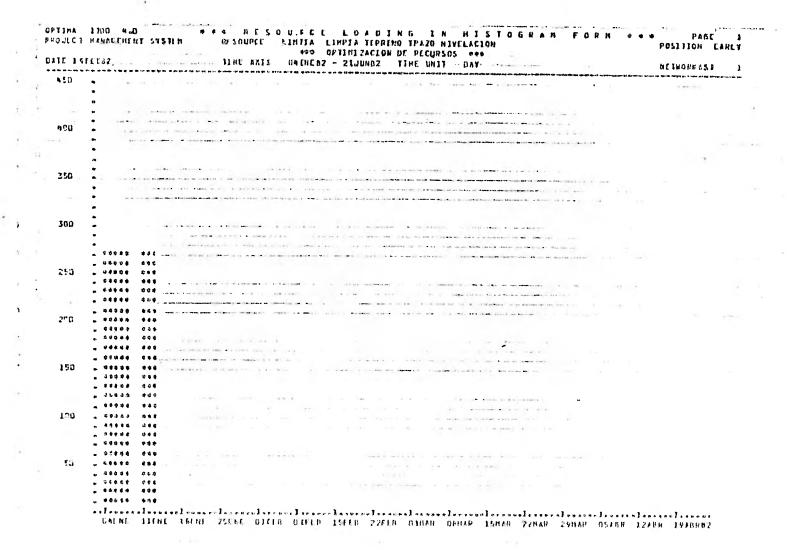
De las figuras 11 a la 27 se muestran las cargas de recursos necesarias para cumplir con el programa de obra.

Las figuras 13 y 23 muestran los requerimientos de recursos para la excavación y el concreto en losas aligeradas en un programa a fechas tempranas para su
comparación con las figuras 12 y 13.

La figura 27 muestra los costos acumulados a lo largo del proyecto.

REPORTE DE ACTIVIDADES CRITICAS

En la figura 28 se muestran las rutas criticas pura



```
PAGE 1
* PROJECT MANAGEMENT SYSTEM RESOURCE EXCIVA EXCAVACION Y ACARREO
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              POSITION LARLY
                                                                                                                                                                                                                                         400 OPTIMIZACION DE RECURSOS ++0
                                                                                                                                                                    TIME AXIS DAINERS - 21JUNES THE UNIT DAY
             DATE 1 5 FE E82
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              NT INORK (S)
            450 -
                                                                        350
                                                                       The planeters of the company of the control of the 
                        3f a
                                                                              250
                         200
                         11
                          103
                                                                 केंद्र वर्तका वृत्तक रावन्त कर्णवर्ण वृत्तक वर्णका क्षेत्रक व्यवस्थ विवास विवास विवास विवास विवास विवास विवास
                                                                                                          क्षे कर्रत्व देवत्वद् तक्ष्यक् युक्तिक व्यवस्था क्षेत्रक क्ष्यक्रक क्ष्यक्रक क्ष्यक्रक क्ष्यक्रक क्
                                                        - income lace on the enterlanding of the engineers of the engineers of the enterland of the engineers of the enterland of the
                                                                 OALDE DIEF TEENE TEENE DIEFE THEE THEE THEE THEE THEE DIEFE DIEFE THAN DONAR ISMAN ZEMAN ZEMAN DEADE TEACH TEACH TEACH TO ADDRESS TO
```

The second secon

ATE 19FE	fio2		DRA NEGRA CONJUNTO CONALEP ### ? - 20NAYE2 - TIME UNIY - DAY	METUORX (5)
450			ه چې د پېښون د وې د چې	MC 100 UV 5 2 3
1,510			The Committee of the Co	
			THE RESIDENCE OF THE PARTY OF T	
400		Company of the state of the sta	The state of the s	
			The state of the s	
•				•
•				`
350				
			the last of the first property of the second	
			The same of the sa	60.0
-				
300 .			and the second s	
			the second of th	
•	1 16 3			
•				
250	• •			
			to the state of	
•	-		A SA	
XLG .	•			
	•			
150 .	•		Service and the service and th	
			and the same of th	
	. 44		18 MAR 11 M M	
190 .			100	
•	, 44		141 - 41 - 141	
· ·			***	
,				

* * * RESOUNCE LOADING IN CF37MA 1100 4-0 HISTOGRAN FORM . . . PAGE 1 PROJECT MANAGEMENT SYSTEM RESOURCE PLANTS PLANTILLA DE CONCRETO POSITION CARLY *** OPTIMIZACION BE RECURSOS *** DATE 15/EPa2 TIME AXIS DAINERS - 21JUNES TIME UNIT DAY HETWORK (5) -------450 -476 350 The same and the s the state of the same of or analysis in the second of 310 a local to be an ex-: 3 Chan Sec. 9 200 1.14 :-: 50 * 6 CACHE TIENE TOUNE 25CHE DIFLE DIFLE DIFLE ASTED 22FEB DIMAR DENAR ISMAR 22HAR 29MAR DEADP 12ADR 19ADR#8225AFK I

FIGURA 14

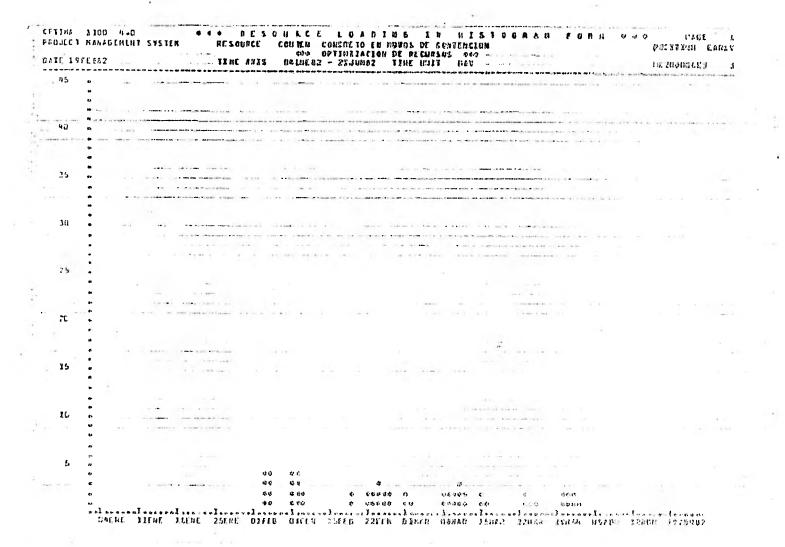
```
PROJECT NAME INCHES AND THE STANKE SADILE CONCULTS EN LAWALES BOOTES WHEN A OF BELL E
                                                                                                                                                                          BATE OF THE ZACTOR DE DE CUISOS 405
DATE 1916182 . GIR SATS NOTHE SC - ZIJURG THE UNIT DAY
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    HEAROBRARS 1
        225
                                                                                                                                                           200
        175
        150
          125
          1 34
              75
              1.11
                                                                                                                                                          en 1 ...
               26
                                                                                                                                                          1 6
                                                                                                                                                          F 34
                                                                                                                                                                                                                      * ****
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          4** 27 8 9
                                                                                                                                                                                                                      . *** (4
                                   " . Incomplementaries to real according and according to a face and according to the control of 
                                       EALLY TATES ROLLE 255 NO. OF THE WITH PARTY PARTY DARKS TORKS TORKS TORKS TORKS TORKS TORKS TORKS TORKS TORKS
```

```
CFTIMA FIDD 4.D 64 N FESDUICE LOADING IN RISTOGRAM FOR 94 N PARC I
PROJECT MANAGEMENT SYSTEM

RESOLUCE TRACES CONCRETO LA TRADES CIPCHTACION

POSITION LARLY

404 OFFINIZACION DE PICUPSOS 200
                                                                                                                       TINE AXIS 64THE82 - 21JUNE2 TIME UNIT DAT
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    NETWORKIST 1
  45 .
              40
               21.
               35
               20
               15
                10
                                                                                                                                                                                                                      * ***
                                                                                                                                                                                                                                                                                     44 22 43
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            4 10
                                                                                                                                                         си иссле желер менер рачни некап фосов пресе пресе тала
                                   welconnection of the continuous laws and an arrangement of the continuous laws and arrangement of the continuous laws are a continuous laws and a continuous laws are a continuo
                                        BAINT DEAL PELMI 250M DIFES DIFE DIFE ANTE ANTE ANTE CONTRACTOR TOWN DATE 124PR 1946662
```



DATE 141		04 INE 02 - 21 JUNE		DAY	BETH	ORALSI	ħ.
45	•					N-01 TH N-01-10-4-4-4-4-4-4-4-4-4-4-4-4-4-4-4-4-4	•••
	•						,
	•						
		***		A STATE OF THE STA			
40				THE STATE OF THE PROPERTY OF THE STATE OF TH	70		-
	Children simon money also consists on						
	•						
	•						
3.5	•						
	•						
	P. CH. Co. Statement S. Rei (Add Harden Assaults, S. Mar.)						
30	•						
	•						
	Contract Contract			-40			
	100000000000000000000000000000000000000						
25							
	1 1 14 14 1						
	- 4						
25	r entries passed fire to your						
	•						
				2.0			
4	and the same						
21							
	•						
	•						
	4-41.8						
10							
	•						
	•						
	•						
5							
	•						
- See				A 41 - 100			
	•	Я	,	o			

1

```
CPINA VIET U.G. TE EFSEUFCE LOADING IN HISTORRAN FORM OF PASE A PRESENTATION ENERGY PROCESSES FORESTANDAL SAME A PROCESSES FORESTANDAL SAME A PROCESSES FOR A PROCESSE FOR A PROCESSES FOR A PROCESSE FOR A PROCESS
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  LUZITION FUSTA
                                                                                                                             109 OFTINIZACION OF PECUNIOS 040
                                                                                               SERE VALVE OFFICES - STRONGS THE DRIL DAY PELMONETES )
 CASE 1316162
       450 ..
                                                       400
       350
       376
       1.0
        :50
        110
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                .
            10
                                                                                                                                                                                                                                                                                  400
                                                                                                                                                                                                                  89 P 1 104
                                                                                                                                                                                                                 co exent death today serve agent heath which with a
                              defense to extense to execute a company of the execute and execute and execute and execute and execute and exec
                                 DEEM THE TEN THE TEN DITTE DITTE DITTE TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL TENEN TARE TARE TARE TARE
```

```
CFTIMA 1160 4-6 SECONFEE EDADING IN HISTORBEN FORM COS FAGE 1
 PROJECT HAMAGEMENT SYSSEM RESONACE ACEGO DE REFUEPZO 400 OPTIMIZACION DE RECHRSOS 2000
                                                                                       POSTCION SAMEY
                        THE AXIS DAINERS - 21JUND2 THE UNIT DAY
                                                                                        M 16018133 3
 13500 -
12000
 13574
  97707
  752.5
  4 10
                                                      660
                                                       .: + 0
                                     33 20
                                                 656
                                                      250
  2000
                          60165
                                                                           + 1 1 1 4
                        S 015 6 3 4
                                                 7 + 4
                                                                            68340 *** 34
            . .
                                                                           ..... ....
            . .
                                                                            3 (1
            . 1
                        . .....
                                                                            ***** **** *
            + 4
               4 1 4
                        . ..... ..
                                     # 4 4 0 7 0 n 2 4 4
                                                                            $ $ $ $ $ $ $ $ $ $ $ $ $ $ $ $ $
               9 4 4
                        4 #40 24 60
                                                                           dekoe ocena sosen
           46
               $ 100
                        4 46104 5.64
                                     49000
                                                     nearl nearl reare ecops
                                                                            salto exert ories con
               (tree aprile filture abrem comme comme group quality marte garden contra
                                                                           enter adebt dorse ase
           es wider weeks reder noteen oction notion cours payed somes 49.00 in it eight indice and
        SHIR DULL BUILD STUD BINGS USBAN ASMAR SERAN CORDS USAGE 1740H 1946W 72ALL CORDS USBAN ASMAN
```

```
CFT THA THE A-D # 4 C A L S O B C L L O A C I N G I N H I S I O G R A N F O R R A C POLITICAL LARRY PROJECT HAVAGEMENT SYSTEM RESOURCE FOLLOW CONCRETE IN COLUMNAS FOLLOWS
                                            400 OPTIMIZACION DE RECURSOS +40
CATE 15FE#82
                             TIME ANIS DAINERS - 21 JUNES TIME UNIT DAY
                                                                                                              EF INGUALS 1
   45 .
   40
   35
   35
   1.5
   73
   15
   15
         ad example and a second accordance of the second accordance and a second accordance of a second accordance of
         THENE 11 ME THEN 25EM DIFFE OFFIR 14 EB 22FTR DIMAR BRHAR 15MAR 22HAR 29HAR 14/12 12/14/2 14/14/2
```

```
PROJECT MENAUEMENT SYSTEM RESOURCE MATER CONCRETO EN LOSA ALIGERADA
                                                                                                                                                                                                                                                                                     PULL HELL CLANG
                                                                               THE AXIS DAINED - 21JUNES THE UNIT DAY
                                                                                                                                                                                                                                                                                        国 100gth /5: 1
ALTERNATION OF THE PROPERTY OF
     225
                                200
     175
     . 16.
     100
                                                                                                                                   ***** * 6
                                                             4284
                                                                              grate cooks an su
        24
                                                              ....
                                                                              terns think appen earns beats
                                                              ***** ***** ***** ***** ***** *****
                                                             Danar seres ocusa cuesa estec desse acota 400
                            ....
                            wada ucemb noden sampa conon noden score neces decot son
                          -1-0 ecopo escat teuta acono onose novos tuent vovos una
                           nenn ataan aaraa donas estat saat ataas uuhas shoos sun
                      -vleesesleesesleeseseleesesleesesleesesleesesleesesleesesleesesleesesleesesleesesleesesleeses
                          15HAR 22MAR 29HAR USABR 12AHR 19AHH 25AER D2HAY USHAY TCHAY 25HAY 31HAY
```

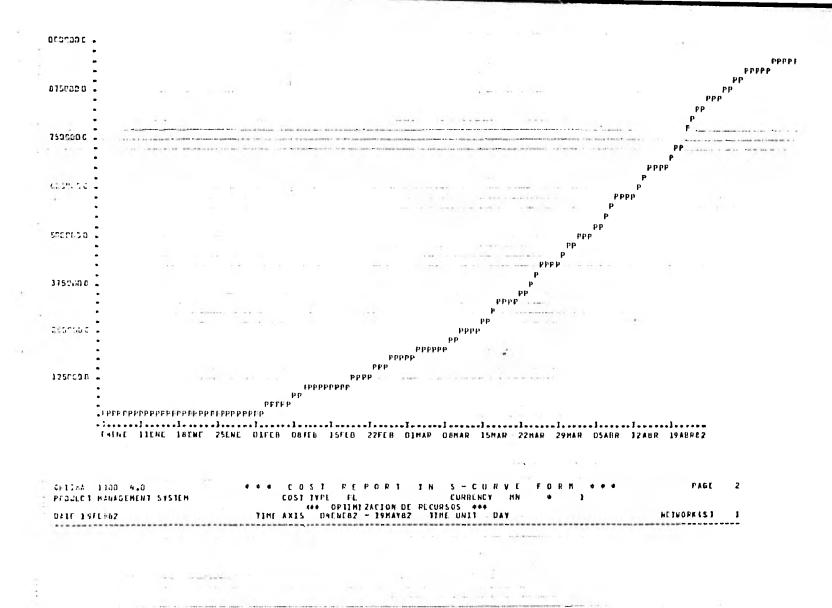
DATE 15	C 22 2 3				TI HE AT	***	DALKE	OBRA			1 INE 4		DAV									
																			17	Virgae) a	4.7	
275	•			-									- 11 0									
	-																					
	-			2000	Carlotte.																	
	4.		-																			
200	**	1.44	. 4, 3			+ -4			- 40 110			-										
	4				10 man - 19 ma - 10		description of		talante and	dia militar												
				46.11										- American								
175			1, 4464.0	Andre 16 - 74 (4 (400))	-		er see Labor	10.14 FF		andrews.	SMITTLE STOR	184.000		w wir conserve	manifester.	#1 #1 m						
		-			enteres to a con-	-	200.00	1 144 54	1 25		-	100.00	in with the	*****	14 mile 100mile	Colo.	1-					
		ene to t	1014 000/2 14		MILTER FOR	is -cyan				1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	Carrie Time	-	na come e	in the and other trees	the source	See Loren						
	-																					
114	•																					
		12.4		****																		
	•	11	Principle.	1 019000	Plate of later 64	4.0		4 44														
		may .	1000	of the lateral	rolet met the entire or	m wrene w	other many	44-4	40 - 10		Come No.	46	NAME OF TAXABLE PARTY.	15.6		ar .						
175	-													10 7								
	4				7 21 2																	
	•													44								
	P	- 3				- >e I						- 1-41 F-4	+211	50		T.						
FUO														500 500	964	2023	20				1 (10)	
100	•													17 15 47	300	15-2-5-3	6.9					
	o	-												1.44	2016	to 13 1 3 113	20.0					
100	6			2.0										264	のので	せいばぐ	91-					
7.0	•			********				**************************************		1.10	a e Clevi		and the same						****		et il	
75	•												500	0440	940	水子 有名 上 人 名名	0.4					
	•												646	क्षेत्र स्टब्स	400	2006	3.00					
12.	6		200										840	0630	* "	25,000	94					
1 -	0						echi i e i	-				, a.	447.24	2000	54 2 2	0.0-16.4	47.4	4	90 NF	1		
50	-	-	6 4			-							0 AT . *	たる確認	14.2.43	機の作品が	Will a		7. KW	7		
b - - - -	1 -				1 40 -1 11								A 18 2, A16	to to the de	0.00	65039	311611		70.515			
	1												000000 00000	4554	がある の情報が	と方式を削り 等を200円	900		to the	7		
	*			2 224 30	-0.100 100 10								83080	5466		NUMBER.	946		114		1411	
25.					1 1 4 1		+ 10	100				SI to	giệt liện	****	3 812 6	n tara	445	6 6	100	-1		
er - Charle									take a				24000	おかり 多沙	11241	30-2015年	district.		Athen F	91		
			14	E10-6144			e rem				19- 11-		ter du games	APPLY TO	1 (1 d) 1	940AC	1979 S		V 20 5 17	**		
																			2000	. 5.		

. 0	476 15			34311			ESOUPC	40 W	0617	130082	N DE I	ECURSO:	DAY	1	 	e mork (tanet k te	
	45	•													 	 	and the wat	
		-																
		•																
	40	*	. 1									1200	1.5					
		•												30.0				
		:															1	
		•																
	35			121														
		•	*1	14.11	34	191.2												
		•																
		-																
		•																
						-		 				the same	er	14 12 (00.1000)			6.6	
	25	•																
		-																
		•																
														2.5				
	20	•																
		:												2				
		-																
	15										2.5	24.5	-					
		•																
														504				
	10	•			9							1.2						
		•																
		•																
		4										100						
	5	•																
												. 13.6						
		v												049¢	1715 CH			

.01

```
CFTIPA 1100 4-0 4 4 8 E S O U F E C L D A D I 4 G I U U 15 I D E B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B A D I 6 B
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 4 7 1/10/11/11/11
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   FARE COAST OFFICE A LIBERT A LINE OF STATE OF ST
                                              45
                                                                                                                                     • .... ....
                                                              35
                                                              33
                                                              25
                                                                 20
                                                                 1:
                                                                    11.
                                                                                  5
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         94 40 140
                                                                                                                                           CHE TIERE TERM 250MC DATER DATER 1500H 27400 BIRCO GROW ASSESSMENT OF THE TRANSPORTED TO THE TRANSPORTED TO
```

CELIMS JIOG 4-0 64 CE 2 CH ECE FOOD XHC IN HX214 CB VI BOB S WAS BEEN A PROJECT MANAGEMENT SYSTEM RESONACE FACUAD CONCRETO EN MUROS DE FACUADA 8 6 5 5 4 Web; + 4 29 5 5 400 OPTIMIZACION DE PECURSOS men TIME AXIS MACKEDS - STANKS THE MATE BYA A PASSAGER 15 NAMES OF THE OWNER 95 . 35 14 26 20 15 7.0 40 2.4 1.42 17.12 4. 4 a water dist 4.2 See. FORKE 111M 16FW ZSCHE DIEGE BIEGE STEEL STEEL BEGG STEEL STEEL STEEL STEEL STEEL STEEL STEEL STEEL STEEL STEEL



OPTINA 1180 4-0 ... FROMES HANAGEMENT SYSTEM ... PROMES 191 OF 191 ACTIVE

PROJECT 191 OF 141 ACTIVITIES 11ME UM11 DAY
PROJECT MCTWORK DALMEZ - ZOMAYBZ
ACTIVIDADES CRITICAS SELECTED DALMEDZ - ZOMAYBZ DATE ISEBBA NETAURH MERTES

ACTIVIC	ADES CRITICAS
ACTIVITY ACTIVITY	* * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
TOURST TO A TEST OF THE TEST O	ACTIVITY EARLIEST LATEST P FLOAT
	TIME CL START FINISH STARY FINISH & TOT FR
FIGHT FIRST STREET THAT I WAS A WINE FULL WAY	0 1 04ENEA2 13ENEA2
ECO1 EXCAVACION ZONA HORIC EDITIETO B	14 1 141NEB2 DZFEUB2 D D 14 1 141NEB2 DZFEUB2 D D 14 1 141NEB2 DZFEUB2 D D 15 1 031CEB2 24FEUB2 D D
CCC 1 FXCAVACION ZONA NORTE EDIFICIO C	14 1 141NFB2 UZFEBB2
CIGI EXCAVACION ZONA NORIE ENTRICIO D	IN 1 INFNERZ DZFEBRZ D D
BCOS TRABES DE CIMENTACION ZONA NORTE EDIFICIO B	TS A DEFEREZ 20FEB02
CCD5 TRABES DE CIMENTACION ZONA NORTE EDIFICIO C	15 1 D 3FEBR2 24FEBE2 0 D
DEGS TRAFES DE CIMENTACION ZONA MORTE EDIFICIO D.	15 1 03fCl62 29fCB02 0 6
CC11 RELLENG ZONA HERTE COUFICIO	D 11 1 25FEF62 11HARE2 0 0
EC13 FIFME ZCHA NIFTE FOTFICIO	B 2 1 12HAR82 15HAR62 0 0
CC13 FIFMC ZONA NUFIC CONFICTO	C 2 1 12MAR82 I5MAR62
BEG7 LOSA DE LEE HIVIL 20NA NERTE EDITICIO	D 2 1 12MARB2 15MARB2 0 D
CEC TO LOSA DE LES MINES TONA MESTE ENTITE DE	11 1 25FEB82 11MARB2 U D
CIG7 LUSA OF THE MIVEL ZONA NOFIE FOR ICTO	C 7 1 16MAF82 29MARF2 0 0
ELLI COLUMNAS DE JER NIVEL ZONA NOPTE EDITICIO	D 7 1 16MAP82 29MAR82 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
CELLANAS ET IER ALVEL ZONA NORTE ENTELCIO	B 2 1 25MARB2 26MARB2 U U C 2 1 25MARB2 - 26MARB2 - 0 D
CELL ECLUPHAS DE BER MINEL ZONA MERTE PUBLICIO	C 2 1 25MAP82 - 26MAR82 - 0 D D 2 1 25MAF62 26MAR82 - 0 D
ELIF LOSA DE 2 NIVEL ZONA MERTE CETITICIO	D 2 1 25HAF62 26HAR62 0 0 0 D
CE15 LOSA DE 2 NI VEL ZONA NIRIE EDIFICIO	C 7 1 29MAR82 D6ADR82 D
CELS LOST DE 2 PIVEL ZONA MELLE FULLESCIO	D 7 1 29PAR62 DEABRE2 U U U C C 2 1 07A5F82 DEABRE2 U U U C C 2 1 07A5F82 DEABRE2 U U U C C 2 1 07A5F82 DEABRE2 U U U C C C C C C C C C C C C C C C C
GITO COLUMNAS DE 2 NITICE 20NA NURIE FORFICIO	B 2 1 0745F82 0848K82 U U
CCT. COLO. MAS DE 1 MAYER . ZONA MENTE EDITACIO	C 2 1 D7ACF62 - D8ANR62 5 5
FULLIFIED FULLIFIED FOR THE FULLIFIED FOR THE FOREST FOREST FOR THE FOREST FOREST FOR THE FOREST FORES	D = 2 1 0746682 084882
ESS! LOSA DE AZOTEA ZONA NUNTE FOLVICIO	B 7 1 09A0RB2 - 19A1R62 6 0
C-27 LCSA GE A.CSGA 20NA NUTSE COSTSCIO	C 7 1 09AGEB2 . 19ABRBZ
1623 LOSA DE AZETEA ZONA NORTE POTETOTO :	C 7 1 16/MAF82 24MARF2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1895 1864 TERMINICION DE OBRA NEGRA 1868 8689	1 1 20AbF82 20ABH82 0 0
MIT PROTES OF SHIPE SONE MEDIC CONFICED	- A STATES SHAMES OF D
19.7 FRETHER LE 2 MIVEL 2004 NOFTH EDIFICIO	The state of the s
211111111111111111111111111111111111111	
C'. 1 ME GO IN COUNTY T MINEL TOUR NUMBER CONTINUED	D 2 1 DTALEBY DRAFROY TLAFROY 19APHOY 7 7
11.1 PURCHE FACUACA 2 NIVEL 2004 HOUSE POSITION	The state of the s
TELL PUFOS DE FACHADA 2 MIVEL . ZONA NORTE EDIFICIO	C 2 1 07ABAB2
ECTS EXCAVACIDATS ZONA SER ENTETICIO N	11 1 TACHER2 28CHER2 - 26CHER2 10FE682 6 3
Car Facayacidaes Zona sub rotricid c	11 1 146 MEA ZAINERS SETUES TOURS OF O
INCANACIONES TONA SER ELITICIO D	11 1 140 NEB 2 286 NEA 2 200 NEB 2 4 0
ANTICS OF CIPCULATION FOR A SER ERSTICIO P	13 1 291 VEB2 17 TT UO2 11 TT UB2 01M A N R 2 6 0
CC.5 TWIEFS OF CIPENTIFCION TOWA SER FORFICIO C LITE TPRES DE CIPENTACTO TOWA SER COLFICIO D BCCF BELLERO TOWA SER EDITIETO D	13 1 29EnE82 171EB82 11FEB82 U1MAGB2 8 5
L'110 TRABLE EL CIPENTACTO ZONA SER EDIFICIO D	13 1 29EHEB2 17F1862 11FEBB2 DIMARB2 & G
BC2! BLLLENG ZONA SER LULF ICTO B	13 1 291 ME 2 17 FF 0 2 11 ff 0 8 2 0 1 M + M 2 6 0 0 13 1 29 F 0 12 2 17 ff 0 8 2 11 ff 0 8 2 0 1 M + M 8 2 6 0 13 1 29 F 0 6 2 17 ff 0 8 2 11 ff 0 8 2 0 1 M + M 8 2 6 0 0 1 M + M 8 2 6 0 0 1 M + M 8 2 6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
ZONA SIR INTITLE	n 1 1917885 DIMARES UZMARBS 11MARES P D
0025 RELLENO I WILL ZONA SER EDITICIO D	8 1 18FERB2 MIMARB2 M2HARB2 TIMARB2 U D

el programa a fechas tempranas.

Como es lógico, éstas pasan por los edificios B, C y D, desde la excavación hasta la losa de techo.

Debido a las restricciones de recursos, las rutas - críticas cambian como se ve en la figura 29, las actividades antes consideradas como críticas ahora tienen holgura (en tiempo, pero no en recursos), debido a que se rebasó la fecha anterior de terminación y las actividades críticas son las que tenían baja - prioridad anteriormente. En realidad, en un programa optimizado por recursos es importante que cada actividad se lleve a cabo cuando está programada para no exceder la cuota de recursos.

LISTAS DE TRABAJOS A CORTO PLAZO

En este caso, el proyecto es a corto plazo y es pos<u>i</u>
ble editar programas de obra que abarquen toda la extensión del proyecto como se ve en la figura 30.
Este listado está clasificado por edificio y por tipo de trabajo (cimentación o estructura).

Como se ve, la fecha de terminación del programa optimizado por recursos es el 20 de mayo, ésto es, - - aproximadamente 10 días antes de lo requerido.

Class

61 - 1

8017

8021

RC23

ACD 3

4027

66.5

PROTILOS DE 2 51 111

LUSAS PARA ZEPALAS

PUPOS DE CONTENCION

BAROS DE CIMINTACION

PUPOS ES FACHARA A LINES

LOSAS PARA ZAPATAS ZONA ESTE ENGLICACIO

PUROS DE CONTENCION ZONA ESTE EDIFICIO A

CALOS DE CIRENTACION COLA ISTE INTETETO A

STING • • • PAGE 1 OF 4

191 OF 191 ACTIVITIES - TIME UNIT DAY

HETWORK DACKES2 - 21MA2

PHOJECT CATE 151 1862. BETWORK ... BERRES THE DARA HEGRA CONJUNTO CONALEP ARE SELEGIED DACHES2 -2 1 J W 13 2 ACTIVIDADES CRITICAS REC. OPT. ACT TATTA ACT IVITY ACTIVATA EARLIESI LATEST FLOAT ICCUIT FICALION CESCHIPTION TINE CL. START FIRESH TRATZ FINISH S TOT FR 1541 20NAMB2 DEARCE? -72 n PEAS DIABREZ USABRE2 -27 n LOSA DE JOSEA 8[49 ZONS SUR EDIFICIO D T 1 11KAYSZ 19NAYD2 BYAGRB? 1940882 -55 Ð AE 99 ... TERNINACION DE DURA MEERA ... CRYANDS 1 E 20MAY82 2DABRE2 2048888 -22 AE98 U 1 20HAYA2 20 48 862 -22 D 9599 22 1 21MAY82 21JUN62 ZIAURBZ 20HAYB2 -72 ü 1.723 LOSA DE TER NIVEL 1 14AUR82 22AURB2 1GFARE2 PAHALPE -21 Û 6133 COLUMNAS DE JER BIVEL ZONA SUR EBTESCIO B 2 1 23ABR62 26 ABHE 2 25BARRS 26844B2 -21 0:15 LACARACTORES ZCHA SER EDITICIO B 11 1 2456682 IDHARE2 26TNE82 10001802 -24 O REIG TRAPES OF CIPENTACION 2044 SAR EDIFTCIO B 13 1 IIHARAR Z9HARB2 IIFI B87 DIMAMB2 -20 n BC25 PELLEND ZONA SIN FOIFICTO B 8 1 30HAP82 UBABRB2 N2MADR2 ITHAR82 -76 O 8027 FIPHE 20NA SIR EBIFICIO B 1 DOALERS 124BR82 12MARE2 ESMARB2 -20 E # 3 3 LOSA DE 2 NI VEC. ZONA SUR EDIFICIO C - 7 1 23ABFB2 SBY ANED 2984862 0641882 -17ij C - 5 COLUMNAS DE 2 NINCL ZOVA SUR EDIFICIO C --- -- 2 1 09HAY62 DEHAYBE O TAPREZ UEA5682 -19 ū CTAS LOSA DE AZOTEA ZONA SUR EDIFICIO C---- 7 1 DEKAYEZ 19HAY62 1941 R82 1915862 -19 Ð CCIT EXCAVACIONES. ZENA SAR EDIEJCIO C 11 1 1970162 DSBARE2 20111102 IDECC 82 -17 n CE19 TRABES OF CIPENTACION ZONA SER EDIFICIO C 13 1 DAHARBZ 24HARB2 11/1862 DINALBZ -17 u CC25 FCLLCHO ZONA SER EDIFICIO C 8 1 25MAREZ USABR82 **N2HARR2** 11HARB2 -17 D CC27 FIRME ZONA SIR CUIFICIO C 3 1 DGADPR2 UTABRB2 12MAR82 15HAR82 -17 D CESS LOSA DE LER NIVEL ZCHA SAP (DIFICIO C T -1 DBACRBZ 16ABR#2 16HAR82 ZAMARB2 -17 D CE37 CGLUNNAS LE IER NIVEL ZONA SUR EDIFICIO C. 2 1 19ABR67 20ABRE 2 25HAR82 26m1#82 -17 n ecis. LOVE S 2 BIVEL 2004 NEPTE COTFICIO 6 7 1 1945082 27ADF 82 2984R82 GEAPREZ -- 15 ū COLUMNAS ET 2 MI SEL ZONA NOPIL PRIFICIO H 2 1 284PRB2 2948982 OTAPRAZ DEARRAS -15 B (2.3 LOSA OF AZOTEA TONA HERTE EDIFICIO B 7 1 3046682 ICHAYU2 119AER82 19AFR82 -15 ū 2643 FREITLES DE 2 NI ACE. ZONA SUP CONFICIO B 2 1 07MAY82 10HAY82 TOREREZ. 1948R82 -15 n 6547 MURGS DE FACHADA 2 NIVEL ZONA SUR EDIFICIO B 1 0 Thays 2 10HAY62 164BR62 1948682 -15 n 8 22 1 EXCIVACIOR ZONA HORSE CULFICIO B 1 U3FE082 14 23F E 682 141 8882 DZFEBBZ -14 n FCSE TRABES DE CIPENTACION 201A HOR IC EDIFICIO B 15 1 24FCPB2 16MARB2 U3FEB82 2411682 -14 n 1101 EXCAVACION ZONA INTE EEIFICIO A 16 1 DBHARG2 29HARE2 16/1 062 USHAKB2 -14 D 6511 FLLLTNO TOST HORN FOIFTCIO B 11 1 1 1 1 MASS 2 3144882 25f LR82 13NAR52 -14 TRACES OF CIPCULATION ZONA USTE ETITICIO A ALLES 3 30HAF62 UBARKBZ Ð IDMARSZ 1984482 -14 Ð BC13 £ 35.801 ZONA NEPTE FORFICTO B 2 1 01A5R82 D2AURB2 128AR82 15HARB2 -14 Ð 6137 FORE DE SER MERES ZORA NUPIC FOURTOID H A OSAUFB2 134PR&2 16HAR82 24HARR2 -- 14 L ACLI PELLENO ZONA ESTE FULLICIO A 32 1 09ABP82 26APREZ 22114802 DEARREZ -14 CCCUMNAS DE ME BANEL 8:11 ZORR NORTH EDITICIO B 2 1 14A5P82 15AB##82 25FAR82 26HAR82 -14 Ω 1713 ZONA ESTE EDICACIO A 711 HE 2 1 27AEF62 28ARREZ D7APRB2 SSABASD -14 O 17.7 DESTRUCTED AND A POR 20ha FSTE ECIFICIO A 7 3 2946667 DIMAYES DOLERA? 19ABRB2 -14 Ð

2 1 DAHAYE2

2 1 04HAY82

3 1 11HAP82

3 1 30MAR82

1 11MAE82

1 16MAFB2

1 30FAR62

1 UZABEBZ

SHAYBE

GSHAY82

ISHARE2

J6MARR2

1688R62

SOUGARD

UZABREZ

GZABR82

16APRAZ

LUAPOR2

2911 882

2400882

DINAR82

IGRARUZ

ILHARE 2

198ARE2

1945282

ISABR82

2611682

DIMARE2

GIHAG82

18MARB2

1984682

19MARSZ

-12 G

-12

-11 B

-11 0

-11 G

-10 6

-10 D

~ IJ

ũ

ZONA SUN INTELLID C

JOHA SAN FURETCIO P.

ZONA SAN EDICTOR 6

ZGRA SIP IDIFICIO R

ZONA SUB EDITICIO C ---

K CITYCAL ACTIVITY • PRSITIVE TOTAL FLOAT D DUMMY ACTIVITY IN MARKOCK HOPTZOKIAL PART NO. 1
A ACTIVITY UITH FELAT • FREE FLOAT F SPECIFIED HOLIDAY E TOTAL E BREE FLOAT VERTICAL PART NO. 1
- HEGATIVE TOTAL FLOAT C CYCLIC NOT SIGB. 2 CHANGE OF THE DATE

PAGE 1 OF 4

	TOTAL FLOAT C CYCLIC N	OY SIGN. I CHANGE OF TIME	UNIT
ICENSIFICATION	Francisco Come Leberra D		
A:01	EYCANACIOPH JONA ESTE EL	161010 1	•
1123	LOSAS FARA TABATAS PURA	ESTE CIPTOTO A	1AAAA
ACC!	TRACES LE CINENTACION ZO	NA CSILEDIFICIO A	}AA-
KEU7	huses of contractor zera)
411.9		ONE IS IL EDIFICIO A	I
AC11		ESTE INTELLED &	
AC13	Libal	ZONA ISTI FOTOTOTO A	
*C1"	EYCAVACION	ZUNA CESTE IDIFICIO A	
4517	LIBES PAPA TATALA	TOHA CESTE EPIFICIO A	
15 6	Thates of Claratacies	2014 CESTE CONFICTOR A	•
157	Stacs of contencion	POHA USIC COLFICIO A	A A A
ACC7	DAGGS BE COMERCIANDS	20% (ESTE FETFICION	
A715	RILLIAL	ZONA CESTE LETTICIO A	
4625	FIRME	ZONA (ISTE EPIFICIO A	i at -
ATE:	COLUPTAS OF PLANTA CAUR	JONA 4511 FORTERS A	1 8
A*	1054 Li liche	2011 1515 157F1C10 A	
1.51.	COLUPNAS DE PLANTA BAUX	TOTA PENT EBIDICIO A	1 A A
	105/ (1 1160)	TONA CLEAN CHIEFFORD	1
A533	MUNOS LL FACRICA	ZONA 1541 FUTFICIO A	I A
AE17	HUPCS OF LYCHAUY	ZONA CESTA CETETATION	1 0+
AESE		TOWN VISIT LEIF ICIO K	1
4596	*** TERMINACION DE OBR	A MEGRI 900	1x
Eth.	EXCAVACION	ZONA TOPIE UPILICIE I	A AAAA
7.	LCSIS FARA ZALFIAS	PONA PROPERTY LETTERS H	1 "4 -
£ .	IBALES DE CIMENTACION	ZCHA LORIC CPITICIO 8	1
15.7	HEROS EL CONTEACION	ZONA ICRIC COLFICIO B	A A
BCSS	DARGS DE CIHERTACTON	ZONA FORTE EFTETCTO B	1 - 1
erii	FELLENO	JONA NORTE EDIFICIO D	1 AAA .
67:1	FIRM	ZON / NORTH IDITICIO B	1 4
(') *	E) C) V) E] & \[E \]	20N / SUR CRITICIO P	1
1111	LCSES TARA ZATATAS	FORT SUR EPIFICIO B	3 A .
	12-165 DE CIMENTACION	ZONT SUR CEIFICIO R	1
15:1	PERGS LE CONTENCTON	70N/ SUR EPHFICIO B	1 / 8 .
I (2?	DAGOS CE CIMERTACION	ZONT SUR EDIFICIO B	1 · h .
2025	RELLENO	7041 SUN ENTRICTO B	1 AA.
6C27	LIREL	ZONI SUR EDITICIO B	IAA
[13]	COLUPNAS OL LANTA BAJA	ZONT MOCHE CONTICTO D	1 A***** .
3,23	PRETILIS OF PLAYIN BAJA	1001 Kenic Crificio B	1 ++
E.C.	RURGS LI FATHALA P.F.	ZONA NORTE EDITICIO B	A ++
E(17 E(09	LOSA SE JER NJVEL	70% I HORTE EDIFICIO B	1 A 4
8C11	PPETILES CL TER KIVES	JON I NORTE LOTFIETO B	I
8C13	COLUMNAS DE 118 NI VEL	TON I MONTE EDIFICIO B	IA
EC15	HUROS LL FACHAGA LER RIV LOSA DL 2 HIVEL		1 A 1
(117	SHEATTER THE S MINET	ZON / NORTE EDIFICIO B	I #A
	ADDITION OF THE PERSON	ZONI KORTE EDIFICIO D	1 A

FIGURA 30

THE RESERVE WARRANT OF THE PARTY OF

más conveniente será agregar una actividad llamada

IMPREVISTOS de 10 días de duración al final del -proyecto, a la cual se le dará progreso según sea requerido.

Hasta aquí llega el alcance del ejemplo - la obten ción del plan original - posteriormente, con información real de la obra será necesario actualizar el plan y monitorearlo como se indica en el inciso 3.2.

6.0 CONCLUSIONES

En una estadística realizada en Estados Unidos para una muestra de 500 compañías de construcción, se en contró que el 16% de ellas estaban insatisfechas - con los resultados obtenidos al utilizar el CPM, - 61% reportaron éxito moderado y tan sólo el 15% con sideraron al CPM como extremadamente útil. ¿Qué - contribuye al éxito o al fracaso entre los usuarios?, ¿Es el CPM tan útil como se cree?. Estas preguntas pueden ser contestadas analizando las suposicio nes hechas al desarrollar un sistema de ruta crítica.

El modelo básico es muy sencillo y los cálculos de redes, aunque tediosos no son complejos, los resultados son una consecuencia de las suposiciones en que se basa la red y, por tanto, analizando éstas será posible evaluar que tan apegado a la realidad es nuestro modelo.

Suposiciones:

 Un proyecto puede ser subdividido en una serie de actividades predecibles e independientes.

Dos aspectos dentro de este inciso son sujetos de duda. Primero, está la suposición de que las actividades son predecibles. Aunque ésto es aceptable para proyectos en los que la tecnología y los procedimientos constructivos están bien establecidos, no es posible anticipar todos los problemas y será necesario modificar la red al avanzar el proyecto, volviéndose obsoleto el plan original.

El segundo aspecto, se refiere a la independen cia de las actividades; a menudo la terminación de una actividad y el inicio de obra son eventos arbitrarios. Esto causa problemas para - la asignación de recursos y puede proporcionar resultados distorsionados.

2) Las duraciones de las actividades pueden estimarse y son independientes unas de otras.

Los cálculos hechos por el CPM dependen de -tiempos estimados para las actividades y estos
estimados pueden ser bastante vagos si el proyecto involucra nueva tecnología o resultados
inciertos. También, como se vio anteriormente, las limitaciones de recursos pueden causar
dependencias entre actividades que utilicen -los mismos recursos.

77 -

Para todos los proyectos, los estimados de duraciones son subjetivos y dependen del individuo que los realice. Si el estimador es el mismo que va a ejecutar la actividad, la duración estimada posiblemente sea mayor que la necesaria.

Si el usuario es consciente de las limitacio-nes que estas suposiciones acarrean será capaz
de utilizar esta herramienta con mayor eficien
cia.

Por otra parte, se ha encontrado que el éxito o el fracaso en la implantación del CPM en - - obra dependen de la importancia que se le de - en la toma de decisiones. El CPM será más - aceptado en todos los niveles sí la dirección del proyecto es la que requiere su implementación. Esta aceptación es esencial, ya que el CPM requiere de todos los departamentos, información en forma continua y consistente para facilitar su proceso y es necesario también, que todos los departamento estén familiarizados - con los reportes para asegurar que se trabaje con las mismas príoridades.

En conclusión, cita las palabras de David C. - Murphy que ilustran claramente cual es el criterio a seguir para asegurar el éxito en el uso - del CPM.

En el manejo de redes se considera implícitamen te que éstas serán usadas por personas inteli-gentes, en forma razonables, con un propósito razonable. A menudo este no es el caso. El problema no es la técnica, sino que no es usada apropiadamente con las precauciones requeridas, entendiendo claramente las limitaciones de su uso. *

Determinants of Project Success David C. Murphy

BIBLIOGRAFIA

- 1.- "MANAGEMENT GUIDE TO PERT/CPM"
 JEROME D. WIEST, FERDINAND K. LEVY
 PRENTICE-HALL 1977
- 2.- "CPM IN CONSTRUCTION MANAGEMENT"
 JAMES N. O'BRIEN
 MC GRAW-HILL 1965
- 3.- "ESTIMACION DE LOS COSTOS DE CONSTRUCCION"
 ROBERT L. PEURIFOY
 MC GRAW-HILL 1977
- 4.- "CONTRACTOR'S MANAGEMENT HANDBOOK"
 O'BRIEN AND BILLY
 MC GRAW-HILL 1971
- 5.- "SURVEY OF CPM SCHEDULING SOFTWARE PACKAGES AND RELATED. PROJECT CONTROL PROGRAMS" PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE ÉDICION 1980
- 6.- "EBASCO SCHEDULING SYSTEM (ESS)"
 EBASCO SERVICES INCORPORATED
 EDICION 1979
- 7.- "OPTIMA 1100. PROJECT MANAGEMENT SYSTEM" SPERRY-UNIVAC EDICION 1976