

Fecha	Tema	Horario	Profesor
Julio 21 y 22	<p>INTRODUCCION Actividades principales de la ingeniería. Mediciones de productividad en mantenimiento. Organización de mantenimiento: Objetivos, tendencias y responsabilidades. Registro de tiempos Gráfica del flujo de solicitudes de mantenimiento. Informes a la dirección.</p>	18 a 21 h c/día.	Ing. Juan José Dimatteo Camoirano
METODO PARA ANALIZAR EL PROBLEMA DE REEMPLAZO DE EQUIPO.			
Julio 23 y 24	<p>MEDICION DEL TRABAJO DE MANTENIMIENTO Estimación simple, estimación analítica y estimación comparativa. Datos estándar y muestreo. Análisis estadístico.</p>	18 a 21 h c/día.	Ing. Roberto R. Borges de Holanda.
Julio 25 y 28	<p>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</p> <p>PRESUPUESTOS DE MANTENIMIENTO Presupuestos de reparación y de materiales. Informe de variaciones.</p> <p>PLANEACION DEL MANTENIMIENTO</p> <p>ESTIMACION DEL TRABAJO DE MANTENIMIENTO Estimación del costo de mano de obra y de materiales. Estimación de los gastos generales.</p> <p>PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO Principios básicos y prerrequisitos Métodos de programación.</p>	18 a 21 h c/día	Ing. Ricardo Vidal Valles
Julio 29 y 30	<p>EL SISTEMA DE PROCESAMIENTO DE DATOS EN EL MANTENIMIENTO</p>	18 a 21 h c/día.	Ing. Armando Calvo

Potencial, limitaciones, funcionamiento y clasificación
de las computadoras.
Aplicaciones prácticas en el área de mantenimiento.

Julio 31	LA RUTA CRITICA APLICADA AL MANTENIMIENTO	18 a 21 h	Ing. Odón de Buen Lozano
Agosto 1°	" " " " " "	18 a 21 h	" " " " "

Directorio de Profesores del curso: ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL 1980

1. Ing. Juan José Dimatteo Camoirano
Jefe del Departamento de Ingeniería Industrial
División de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Facultad de Ingeniería
UNAM
5505215 Ext. 3741

2. M. en C. Roberto R. Borges de Holanda
Profesor
Departamento de Ingeniería Industrial
División de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Facultad de Ingeniería
UNAM
5 50 52 15 Ext 3741

3. Ing. Odón de Buen Lozano
Jefe de la División de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Facultad de Ingeniería
UNAM
550 52 15 Ext. 3745

4. Ing. Armando Calvo Pontón
Gerente Administrativo
GUTSA Construcciones, S.A. de C.V.
Av. Revolución No. 1387 -2º Piso
México 20, D.F.
550 13 44

5. M.A. Ricardo Vidal Valles
Gerente de la División de Herramientas
Campos Hermanos, S.A.
Agustín Melgar No. 23
Tlanepantla, Edo. de Méx.
565 36 00 Ext. 177



EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

CURSO: Administración del Mantenimiento Industrial.

FECHA: Del 21 de julio al 1^o de agosto, 1980.

	DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	MANTENIMIENTO DEL INTERES. (COMUNICACION CON LOS ASISTENTES, AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION).	PUNTUALIDAD
CONFERENCISTA				
1. Ing. Juan José Dimatteo Camoirano				
2. Ing. Roberto R. Borges de Holanda.				
3. Ing. Rocardo Vidal Valles.				
4. Ing. Armando Calvo.				
5. Ing. Odón de Buen Lozano.				
6.				
7.				
8.				

ESCALA DE EVALUACION : 1 a 10



EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

SU EVALUACION SINCERA NOS AYUDARA A MEJORAR LOS PROGRAMAS POSTERIORES QUE DISEÑAREMOS PARA USTED.

TEMA	ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL TEMA	GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL TEMA	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL TEMA	UTILIDAD PRACTICA DEL TEMA	
INTRODUCCION					
METODO PARA ANALIZAR EL PROBLEMA DE REEMPLAZO DE EQUIPO.					
MEDICION DEL TRABAJO DE MANTENIMIENTO.					
MANTENIMIENTO PREVENTIVO.					
PRESUPUESTOS DE MANTENIMIENTO.					
PLANEACION DEL MANTENIMIENTO.					
ESTIMACION DEL TRABAJO DE MANTENIMIENTO.					
PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO.					
EL SISTEMA DE PROCESAMIENTO DE DATOS EN EL MANTENIMIENTO.					
LA RUTA CRITICA APLICADA AL MANTENIMIENTO.					



EVALUACION DEL CURSO

	CONCEPTO	EVALUACION
1.	APLICACION INMEDIATA DE LOS CONCEPTOS EXPUESTOS	
2.	CLARIDAD CON QUE SE EXPUSIERON LOS TEMAS	
3.	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO CON EL CURSO	
4.	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO	
5.	CONTINUIDAD EN LOS TEMAS DEL CURSO	
6.	CALIDAD DE LAS NOTAS DEL CURSO	
7.	GRADO DE MOTIVACION LOGRADO EN EL CURSO	

ESCALA DE EVALUACION DE 1 A 10



1. ¿Qué le pareció el ambiente en la División de Educación Continua?

MUY AGRADABLE	AGRADABLE	DESAGRADABLE

2. Medio de comunicación por el que se enteró del curso:

PERIODICO EXCELSIOR ANUNCIO TITULADO DE VISION DE EDUCACION CONTINUA	PERIODICO NOVEDADES ANUNCIO TITULADO DE VISION DE EDUCACION CONTINUA	FOLLETO DEL CURSO

CARTEL MENSUAL	RADIO UNIVERSIDAD	COMUNICACION CARTA, TELEFONO, VERBAL, ETC.

REVISTAS TECNICAS	FOLLETO ANUAL	CARTELERA UNAM "LOS UNIVERSITARIOS HOY"	GACETA UNAM

3. Medio de transporte utilizado para venir al Palacio de Minería:

AUTOMOVIL PARTICULAR	METRO	OTRO MEDIO

4. ¿Qué cambios haría usted en el programa para tratar de perfeccionar el curso?

5. ¿Recomendaría el curso a otras personas?

SI	NO

6. ¿Qué cursos le gustaría que ofreciera la División de Educación Continua?

7. La coordinación académica fue:

EXCELENTE	BUENA	REGULAR	MALA

8. Si está interesado en tomar algún curso intensivo ¿Cuál es el horario más conveniente para usted?

LUNES A VIERNES DE 9 A 13 H. Y DE 14 A 18 H. (CON COMIDAS)	LUNES A VIERNES DE 17 A 21 H.	LUNES, MIÉRCOLES Y VIERNES DE 18 A 21 H.	MARTES Y JUEVES DE 18 A 21 H.

VIERNES DE 17 A 21 H. SABADOS DE 9 A 14 H.	VIERNES DE 17 A 21 H. SABADOS DE 9 A 13 Y DE 14 A 18 H.	O T R O

9. ¿Qué servicios adicionales desearía que tuviese la División de Educación Continua, para los asistentes?

10. Otras sugerencias:





centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam

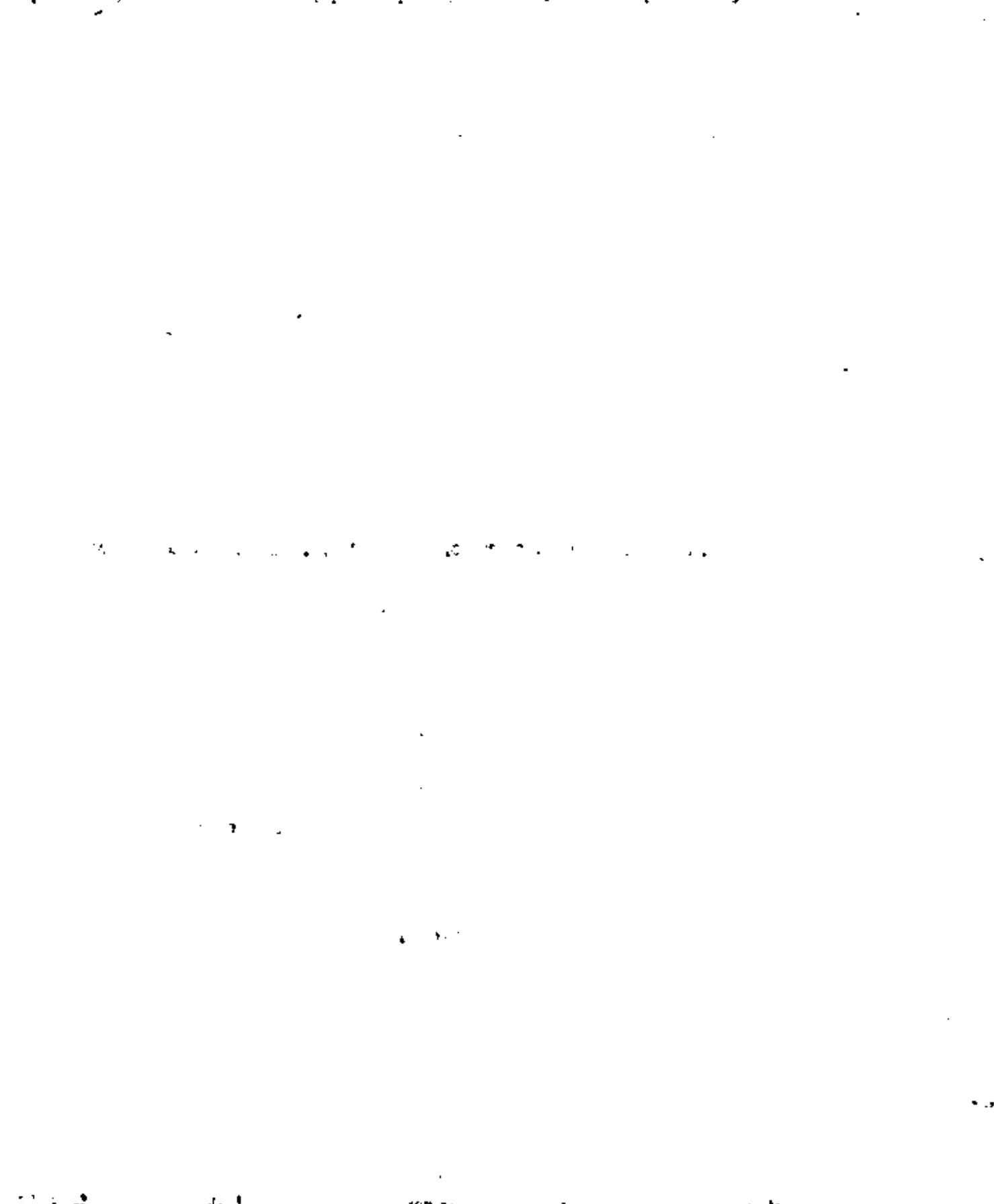


ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

INTRODUCCION AL SISTEMA DE PROCESAMIENTO ELECTRONICO DE DATOS

ING. ARMANDO CALVO

JULIO, 1980



I N D I C E

1. - GENERALIDADES
2. - USUARIOS DEL P.E.D.
3. - HISTORIA Y ANTECEDENTES
4. - HARDWARE
5. - REPRESENTACION INTERNA DE DATOS
6. - ORGANIZACION Y PROCESAMIENTO DE DATOS
7. - SOFTWARE
8. - PROCEDIMIENTOS
9. - AMBIENTE OPERATIVO
10. - IMPLEMENTACION DEL P.E.D.

DEFINICIONES BASICAS

DATOS - LA INFORMACIÓN

PROCESAMIENTO DE DATOS - LA EJECUCIÓN DE UNA SERIE DE OPERACIONES PARA PRODUCIR
- INFORMACIÓN ÚTIL

OPERACIONES - LAS ACTIVIDADES DEL PROCESAMIENTO DE DATOS EFECTUADAS PARA TRANS-
FORMAR LOS DATOS EN UNA INFORMACIÓN MÁS ÚTIL. ESTAS ACTIVIDADES
SON : REGISTRAR, CLASIFICAR, CALCULAR, ALMACENAR, RECUPERAR, RE-
PORTAR, REPRODUCIR Y COMUNICAR.

DATOS + PROCESAMIENTO = INFORMACION DE LA EMPRESA
(INFORMACIÓN) (OPERACIONES)

PROCESAMIENTO DE DATOS DE LA EMPRESA - LA EJECUCIÓN DE UNA SERIE DE OPERACIONES A LOS DATOS PARA PRODUCIR LA INFORMACIÓN ÚTIL REQUERIDA PARA SATISFACER LAS NECESIDADES INTERNAS Y EXTERNAS DE UNA ORGANIZACIÓN.

ACTIVIDADES DEL PROCESAMIENTO DE DATOS

REGISTRANDO

CLASIFICANDO

CALCULANDO

ALMACENANDO

RECUPERANDO

REPRODUCIENDO

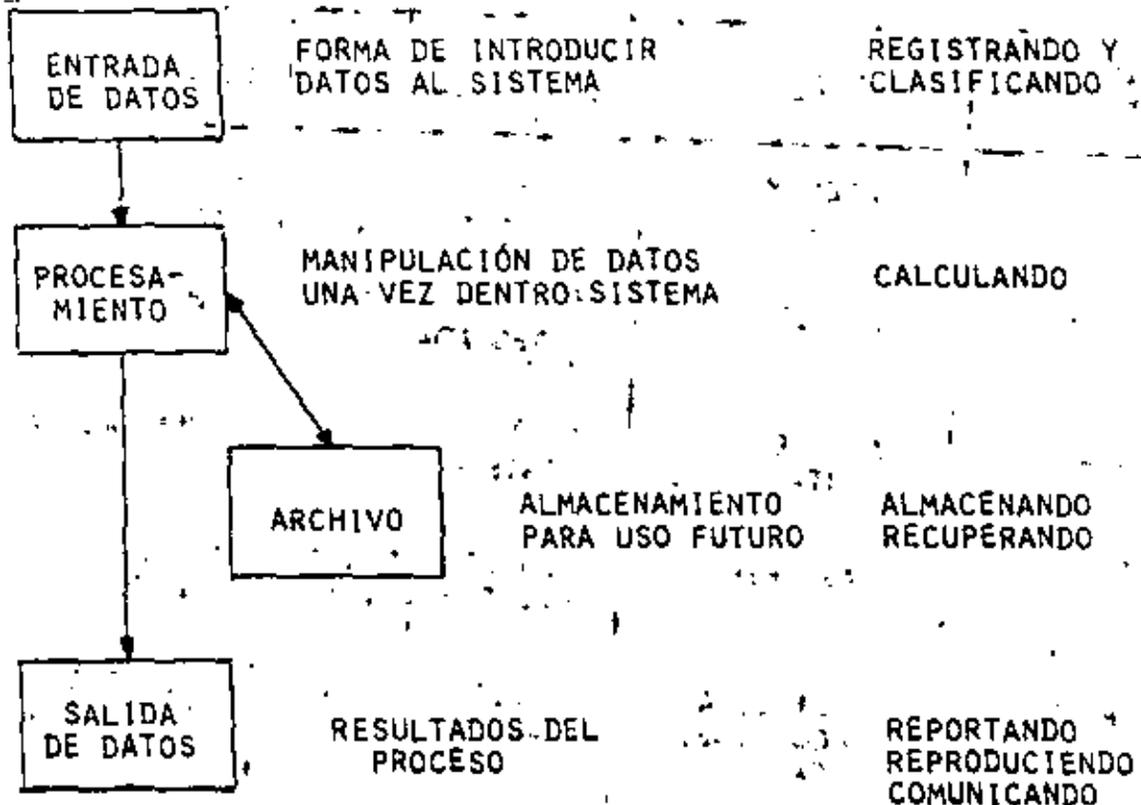
PROCESO DE DATOS

ACTIVIDAD PED	MANUAL	MECANICA/ ELECTRICA	ELECTRONICA
REGISTRO	PAPEL Y LÁPIZ	MÁQUINA DE ESCRIBIR.	CAPTURA DE DISCO
CLASIFICAR	A MANO	EQUIPO TARJETAS PERFORADAS	COMPUTADORA
CALCULAR	ARITMÉTICA MENTAL	CAJA REGISTRADORA	COMPUTADORA
ALMACENAR	GABINETE	TARJETAS PERFO- RADAS - GAVETAS	CINTA MAGNETICA O DISCO
RECUPERAR	ÍNDICE, CATA- LOGO, BIBLIO- TECA	EQUIPO TARJETAS PERFORADAS	UNIDAD DESPLIEGUE VISUAL (PANTALLA)
REPRODUCCIÓN	PAPEL Y LÁPIZ	FOTOCOPIA	IMPRESOR DE LÍNEA

SISTEMA DE PROCESAMIENTO DE DATOS

EL CICLO

LA OPERACION



USUARIOS DE COMPUTADORAS

BANCOS

CORREDORES DE VALORES

LINEAS AEREAS

EMPRESAS DE PRODUCCION

EMPRESAS DE SERVICIOS

ALMACENES COMERCIALES

GOBIERNO

ESCUELAS

CENTROS DE INVESTIGACION

DEFENSA

NO HAY LÍMITE AL TIPO DE INFORMACIÓN QUE PUEDA SER
PROCESADA O ALMACENADA.

¿ QUE PUEDE HACER UNA COMPUTADORA PARA MI EMPRESA ?

- CÁLCULOS MATEMÁTICOS COMPLICADOS
- LABORES REPETITIVAS Y TEDIOSAS
- BÚSQUEDA DENTRO DE GRANDES VOLÚMENES DE INFORMACIÓN
- EXTRACCIÓN DE DATOS DE INFORMACIÓN EXISTENTE
- SIMULACIONES

EFFECTOS DE LA AUTOMATIZACION CON UNA COMPUTADORA

RECURSOS HUMANOS

- EMPLEADOS INFRECUENTEMENTE DESPEDIDOS
- AL PRINCIPIO AUMENTO DEL PERSONAL
- FINALMENTE LA ESTABILIZACION DEL CRECIMIENTO

COSTO

- AL PRINCIPIO ES INFRECUENTE EL AHORRO
- NUEVAS INSTALACIONES Y PERSONAL
- LOGRO FINAL LA OPTIMIZACION

INFORMACION

- AL PRINCIPIO PROBLEMAS CON LA NUEVA INFORMACION
- RAPIDA ACEPTACION DE LA NUEVA INFORMACION MAS -
RAIDA Y MAS PRECISA
- DEMANDA DE NUEVOS SERVICIOS DE PROCESAMIENTO

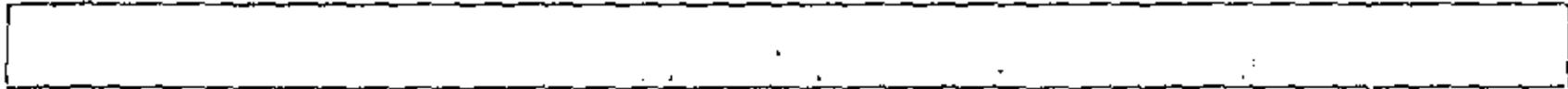
DOS EXTENSAS CATEGORIAS EN EL USO DEL COMPUTADOR

- AUTOMATIZAR LOS PROCEDIMIENTOS EN LOS DEPARTAMENTOS
 - PREPARAR LOS CHEQUES DE NÓMINA CON LAS TARJETAS DE TIEMPO
 - PREPARAR DIARIOS CONTABLES CON LAS PÓLIZAS
 - CONSERVAR REGISTROS DE EXISTENCIA PARA INVENTARIOS
- AYUDAR A LA GERENCIA EN SU PAPEL EN LA TOMA DE DECISIONES
 - SE PUEDEN DETERMINAR PUNTOS DE RE-ORDEN
 - PRONÓSTICOS DE VENTAS Y ESTADÍSTICAS DE PRODUCCIÓN
 - ESTUDIOS DE ROTACIÓN DEL PERSONAL

DILEMA

EL PERSONAL DE PROCESAMIENTO
DE DATOS (PED) NO SIEMPRE
COMPRENDE LAS NECESIDADES
EMPRESARIALES DE SU COMPAÑÍA

LOS EJECUTIVOS DE LA EMPRE-
SA NO SIEMPRE ESTÁN CONS-
CIENTES DE LO QUE REALMENTE
PUEDEN ESPERAR

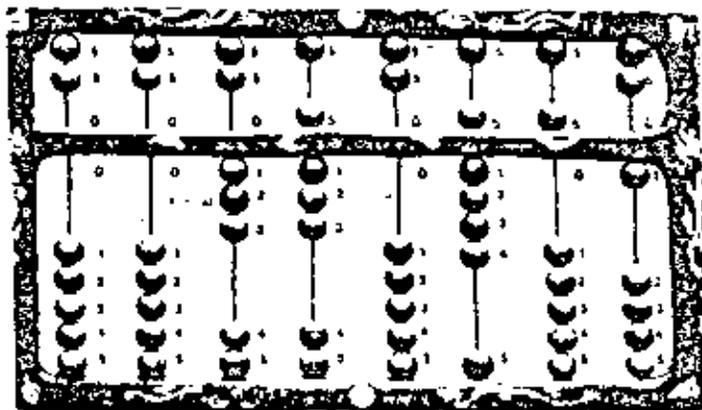


DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO DE DATOS

- 1.- ES UN DEPARTAMENTO DE SERVICIO PARA TODOS LOS DEPARTAMENTOS DE LA COMPAÑÍA
- 2.- SE CONTROLA FRECUENTEMENTE POR EL DEPARTAMENTO QUE HACE MÁS USO DE SUS SERVICIOS
- 3.- SUBORDINADO AL CONTRALOR DE LA COMPAÑÍA

ABACCO

MILLONES
CIENTO MILES
DIEZ MILES
MILLARES
CENTENAS
DECENAS
UNIDADES



VALOR = 1762

- USADO EN BABILONIA - 3500 A.C.
- USADO EN ORIENTE HOY EN DÍA
- INTRODUCIDO A CHINA DESDE LA INDIA EN EL SIGLO 12

EL MÉTODO DE NAPIER

Napier dividió varillas en nueve cuadros. El cuadro superior tiene un dígito decimal (1-9) y cada uno de los cuadros restantes representan el producto del dígito en el cuadro superior por 2, 3... 9. Una vez que el conjunto está completo, el producto de cualesquiera de dos números puede obtenerse.

Ejemplo : 3×374

Después de colocar la varilla de unidades a la izquierda y las varillas representando el multiplicando en orden a la derecha, sume diagonalmente los valores en el tercer cuadro de cada una de las varillas en el multiplicando.

Posición unidades.....2

(El contenido de la columna diagonal derecha)

Posición de decenas.....2

(La suma de la segunda columna diagonal, $1+1 = 2$)

Posición de centenas.....1

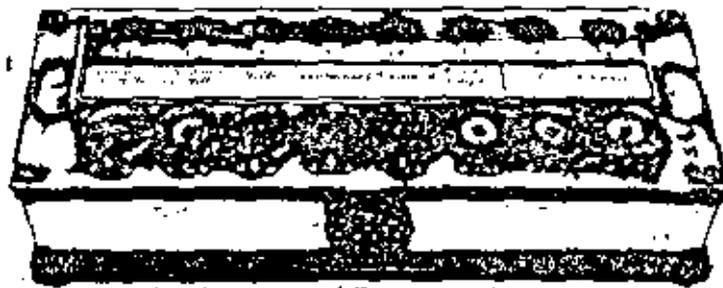
(La suma de la tercera columna diagonal, $6+2+9 = 1$ llevado el 1 en la posición de miles)

Por consiguiente : $3 \times 374 = 1122$

1	3	7	4
2	6	4	5
3	9	2	2
4	1	2	1
5	1	3	2
6	1	4	4
7	2	4	2
8	2	5	3
9	2	6	3
	7	3	6

- 1614
- DISEÑADO POR JOHN NAPIER, MATEMÁTICO ESCOCÉS
- PRECURSOR DE LA REGLA DE CÁLCULO
- LLEVÓ AL DESARROLLO DE LOS LOGARITMOS DE NAPIER

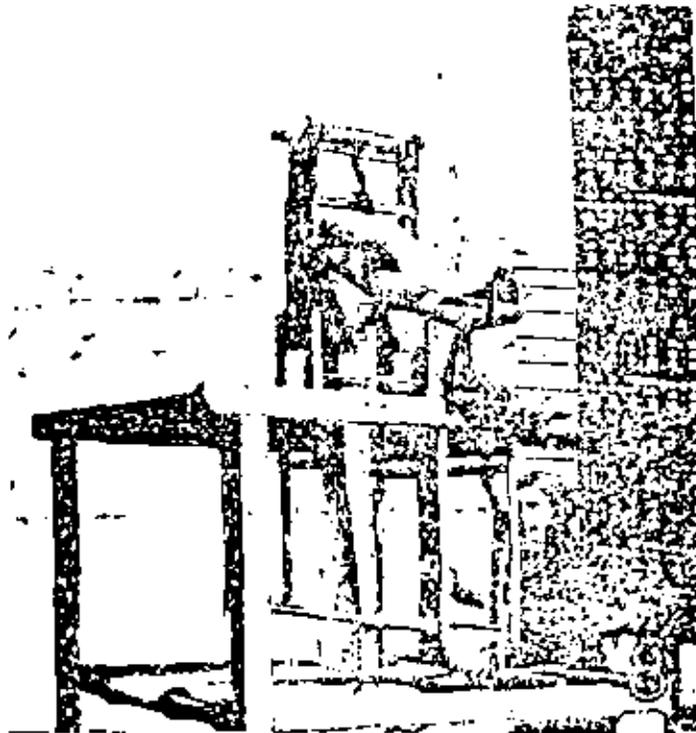
CALCULADORA DE PASCAL
"MÁQUINA ARITMÉTICA"



- 1642
- INVENTADA POR BLAISE PASCAL, MATEMÁTICO FRANCÉS
- PRIMERA MÁQUINA SUMADORA
- "AUTOMATIZÓ" EL ACARREO EN SUMA Y RESTA

TELAR DE JACQUARD

1801



1801

- 3^o DESARROLLADO POR JOSEPH JACQUARD, UN TEJEDOR FRANCÉS, ESTE TELAR FUE LA PRIMERA MÁQUINA QUE "AUTOMÁTICAMENTE" SIGUE UNAS SERIES DE "INSTRUCCIONES". UNA SERIE DE TIRAS DE CARTÓN PERFORADAS CONTROLABA LA INTRODUCCIÓN DE DIFERENTES HILOS EN EL DISEÑO.

MAQUINA DE DIFERENCIA DE BABBAGE

- 1812
- DISEÑADA POR CHARLES BABBAGE, UN MATEMÁTICO INGLÉS
- PRIMERA ESPECIFICACIÓN PARA UNA "CALCULADORA AUTOMÁTICA"
- AUTOMÁTICAMENTE CALCULABA TABLAS TRIGONOMÉTRICAS Y LOGARÍTMICAS
- PROPÓSITO ESPECIAL — DISEÑADA PARA LLEVAR A CABO UNA SOLA SECUENCIA DE OPERACIONES

MÁQUINA ANALÍTICA DE BABBAGE

- 1830
- PRIMERA ESPECIFICACIÓN PARA UNA "COMPUTADORA AUTOMÁTICA PARA USOS GENERALES"
- AUTOMÁTICAMENTE EJECUTA UNA SECUENCIA CAMBIABLE DE OPERACIONES
- CONTIENE ALMACENAMIENTO INTERNO PARA DATOS



LAS IDEAS DE BABBAGE FUERON DEMASIADO AVANZADAS EN TECNOLOGÍA PARA SU TIEMPO. SIN EMBARGO, EL DISEÑO CARACTERÍSTICO DE LA MÁQUINA ANALÍTICA Y EL CONCEPTO DEL PROGRAMA ALMACENADO FUERON ADOPTADOS 100 AÑOS DESPUÉS EN LOS SISTEMAS MODERNOS DE COMPUTACIÓN.

ALGEBRA BOOLEANA

- 1854

- GEORGE BOOLE, MATEMÁTICO, DESARROLLÓ UN SISTEMA PARA LA REPRESENTACIÓN DE POSTULADOS LÓGICOS EN TÉRMINOS DE SÍMBOLOS MATEMÁTICOS. EN ESTE SISTEMA, LA VERDAD O FALSEDADE DE UN POSTULADO SE REPRESENTA POR LOS VALORES :

- 1 — PARA UNA CONDICIÓN DE VERDAD

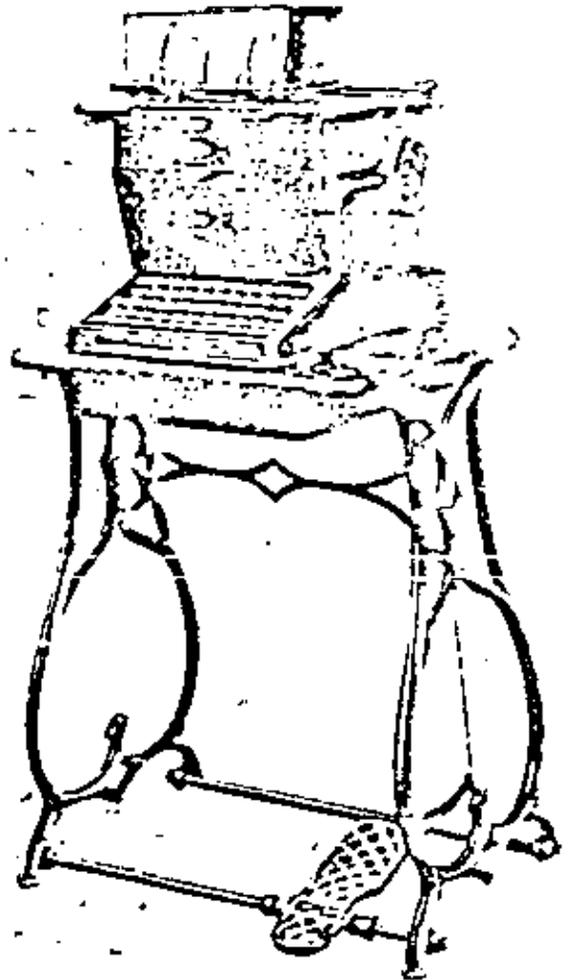
- 2 — PARA UNA CONDICIÓN FALSA

- 1938

- CLAUDE SHANNON APLICÓ EL SISTEMA DE ALGEBRA BOOLEANA PARA LA REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE REDES CONMUTADAS. ÉSTO SIMPLIFICÓ EL DISEÑO EN LOS CIRCUITOS DE LAS COMPUTADORAS DE HOY.

DISPOSITIVOS PRIMITIVOS DE TECLADOS

- 1873
- PRIMERA MÁQUINA DE ESCRIBIR COMERCIAL
- E. REMINGTON E HIJOS
- TECLA PARA ESCOGER MAYÚSCULAS Y MINÚSCULAS — 1878

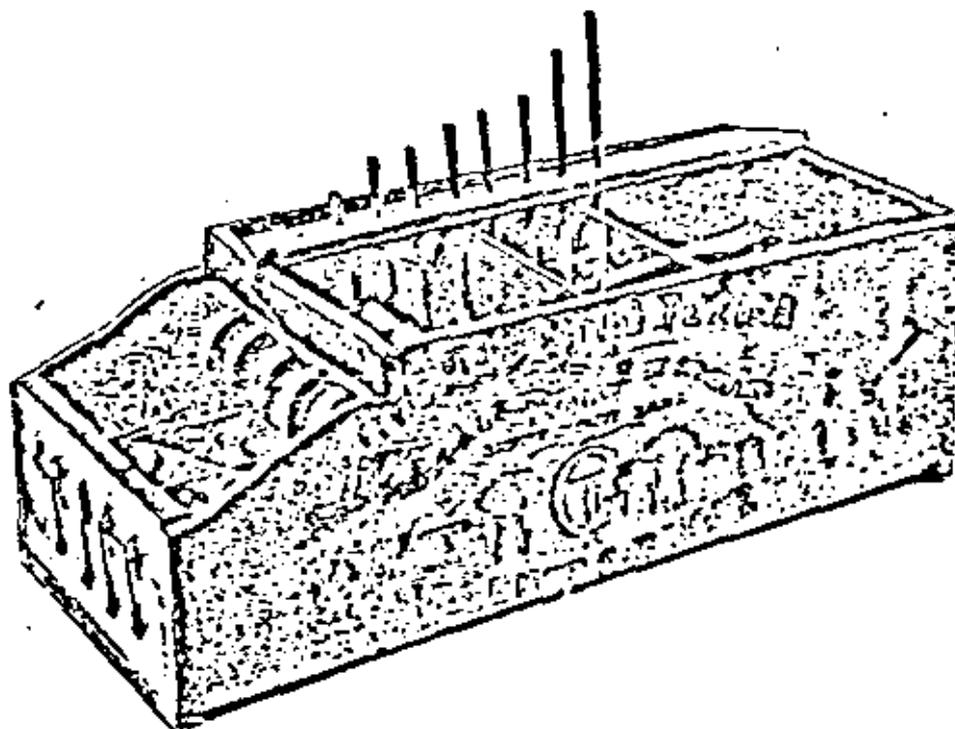


- 1879
- PRIMERA CAJA REGISTRADORA
- JAMES RITTY, DAYTON, OHIO
- COMERCIALIZADA POR JOHN PATTERSON
- 1884 — NATIONAL CASH REGISTER CIA.

DISPOSITIVOS PRIMITIVOS DE TECLADOS

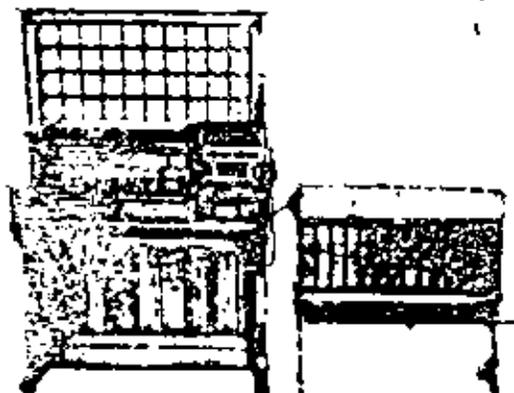
(CONTINUACION)

- 1884
- PRIMERA MÁQUINA SUMADORA-IMPRESORA
- WILLIAM S. BURROUGHS
- CALCULAR Y SUMARIZAR



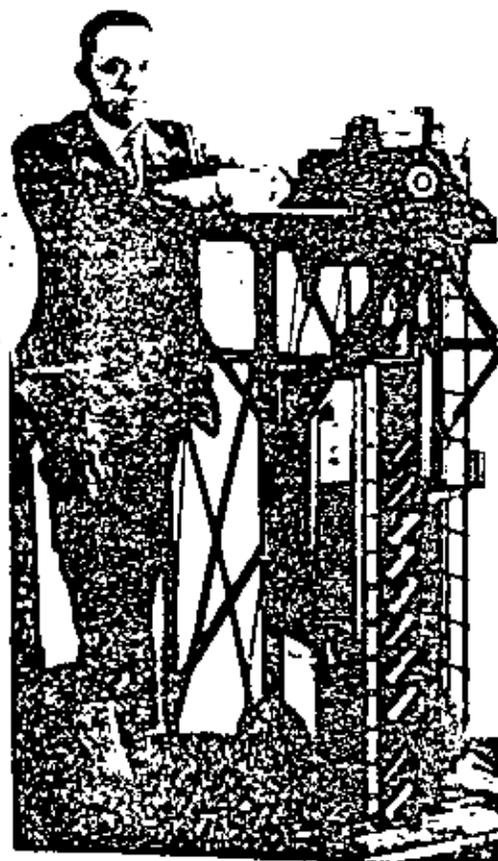
- 1887
- COMTÓMETRO DE FELT
- DORR E. FELT
- MÁQUINA DE ÓRDENES MÚLTIPLES IMPULSADAS POR TECLAS
- PRIMERA APLICACIÓN DEL PRINCIPIO DE CREMALLERA-PIÑÓN

MÁQUINA DE TARJETAS PERFORADAS



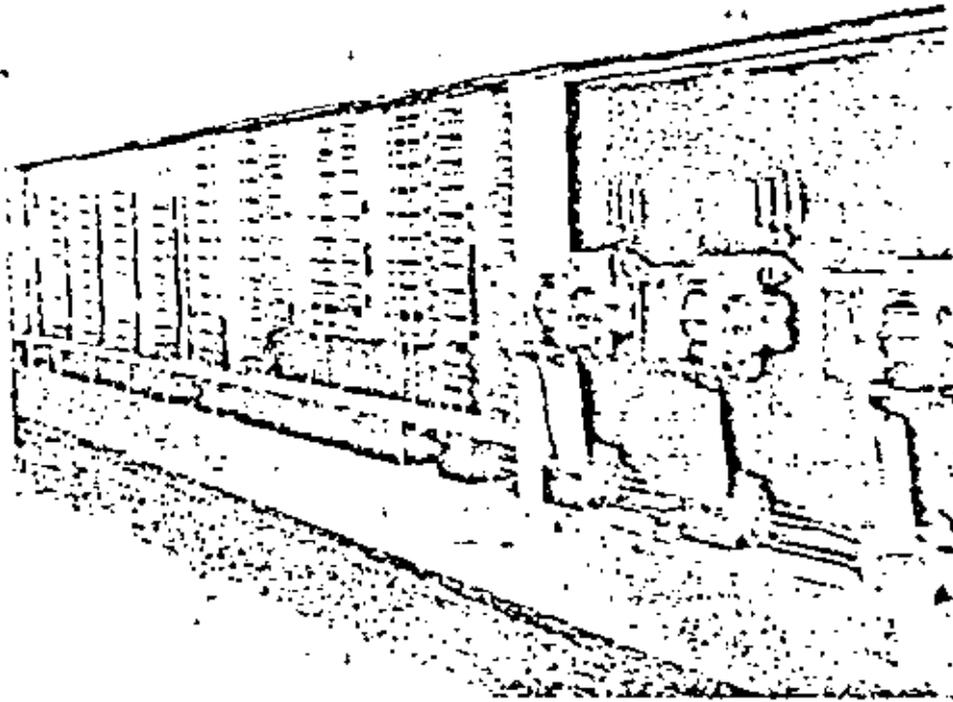
- 1890
- MÁQUINA TABULADORA HOLLERITH
- DR. HERMAN HOLLERITH
- EL BUREAU DE CENSOS EN E.U. LO UTILIZÓ EN EL CENSO DE 1890

- 1908
- CLASIFICADORA VERTICAL DE TARJETAS PERFORADAS



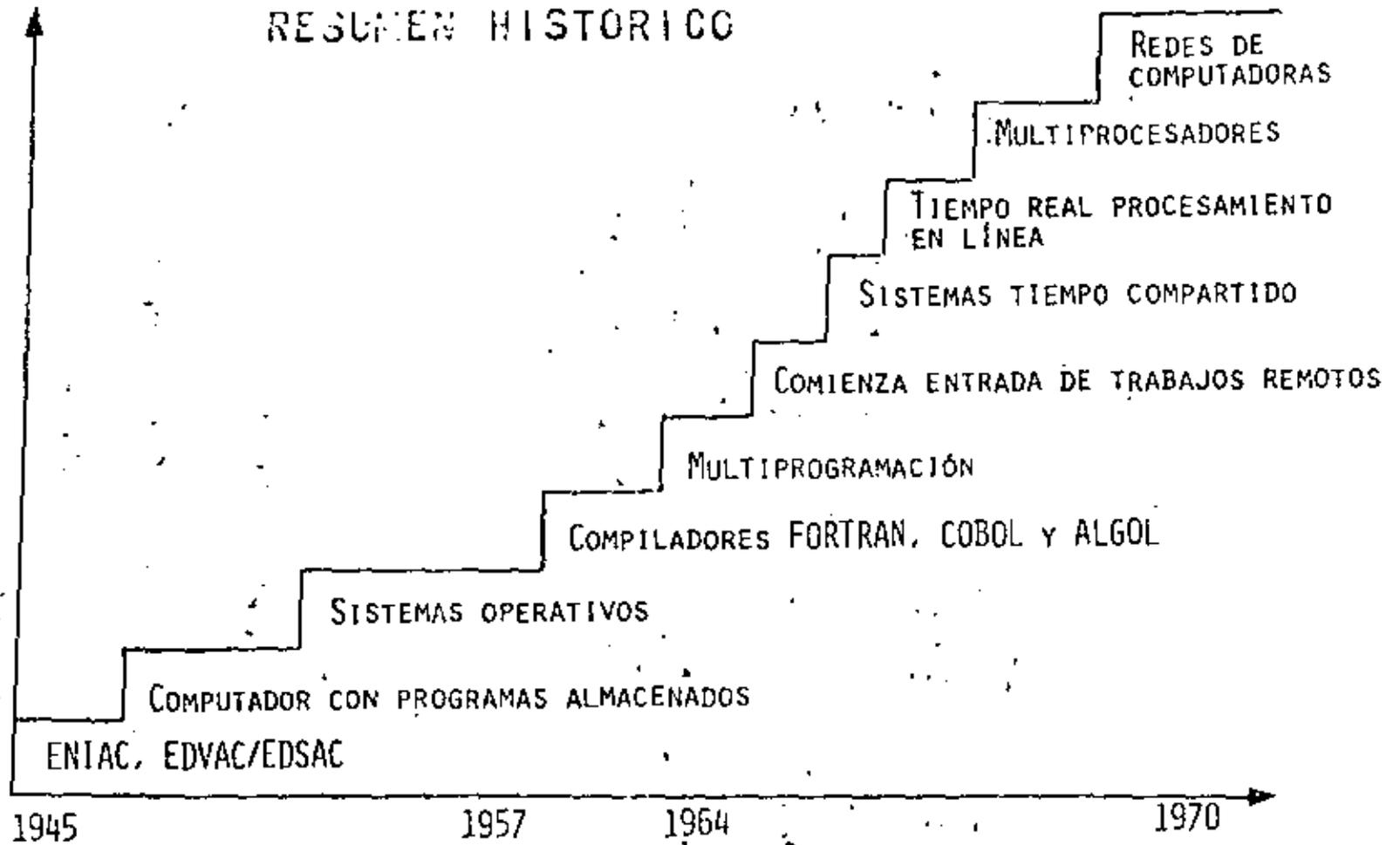
- 1914
- PERFORACIÓN MÚLTIPLE POR PALANCAS

MARK 1



- 1939
- CALCULADORA CONTROLADA SECUENCIA AUTOMÁTICA
- DISEÑADA POR HOWARD AIKEN, PROFESOR DE LA UNIVERSIDAD DE HARVARD
- MÁQUINA ELECTROMECAÁNICA CON RELEVADORES MECÁNICOS
- CONTROLADA POR CINTA DE PAPEL PERFORADA Y TABLERO ÁLAMBRADO
- PRECURSOR DEL COMPUTADOR ELECTRÓNICO

RESUMEN HISTORICO



1ª GENERACION

TUBOS AL VACIO
1951

2ª GENERACION

TRANSISTORES
1959

3ª GENERACION

CIRCUITOS INTEGRADOS
1965

CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPUTADORES

ELECTRÓNICO (COMPONENTES)

ALMACENAMIENTO INTERNO (MEMORIA)

PROGRAMAS ALMACENADOS (INSTRUCCIONES)

MODIFICACIÓN DE PROGRAMA

TIPOS DE COMPUTADORAS

DIGITAL (CUENTA)

ANALÓGICA (MIDE)

HÍBRIDA (COMBINACIÓN DE DIGITAL Y ANALÓGICA)

ENIAC

PRIMERA COMPUTADORA ELECTRONICA DIGITAL



- 1945
- CALCULADORA E INTEGRADORA NUMÉRICA ELECTRÓNICA
- DISEÑADA POR J. PERSPER ECKERT Y JOHN MAUCHLY, UNIVERSIDAD DE PENNSILVANIA
- PESO : 30 TONELADAS
- DIMENSIONES : 15,000 PIES CUADRADOS DE PISO
- COMPONENTES : 18,000 TUBOS AL VACÍO (REEMPLAZARON LOS RELEVADORES MECÁNICOS)
- VELOCIDAD : 300 MULTIPLICACIONES POR SEGUNDO (ELECTROMECAÁNICO - 1 MULTIPLICACIÓN POR SEGUNDO)
- PROGRAMACIÓN : EXTERNA, A TRAVÉS DE ALAMBRES Y TABLEROS

EDVAC

COMPUTADOR PROTOTIPO DE PROGRAMAS EN MEMORIA

"COMPUTADOR ELECTRONICO DE VARIABLES DISCRETAS"

- 1946 — ESCUELA MOORE DE ELECTRONICA, UNIVERSIDAD DE PENNSILVANIA
- 1952 -- TERMINADA
- ALMACENAJE INTERNO DE INSTRUCCIONES EN MEMORIA
- SISTEMA DE NUMEROS BINARIOS PARA REPRESENTACION INTERNA

EDSAC

PRIMERA COMPUTADORA REAL CON PROGRAMA EN MEMORIA

"CALCULADOR AUTOMATICO DE ALMACENAMIENTO DE DEMORA ELECTRONICO"

- 1947 — UNIVERSIDAD DE CAMBRIDGE, INGLATERRA
- PROFESOR MAURICE WILKERS
- 1949 — USO DE LAS PRIMERAS INSTRUCCIONES DE PROGRAMA-ALMACENADAS EN LA MEMORIA DEL COMPUTADOR

IAS

- 1949 — DR. JOHN VON NEUMANN
- INSTITUTO DE ESTUDIOS AVANZADOS, PRINCETON, NUEVA JERSEY
- 1952 — TERMINADA
- COMPUTADOR PARALELO BINARIO : INSTRUCCIONES Y DATOS CODIFICADOS EN EL MISMO LENGUAJE Y AMBOS ALMACENADOS EN EL COMPUTADOR

UNIVAC 1

"COMPUTADOR AUTOMATICO UNIVERSAL"

- 1951 — COMPAÑIA COMPUTADORAS ECKERT Y MAUCHLY
- PRIMERA COMPUTADORA COMERCIALMENTE DISPONIBLE, INSTALADA EN EL BUREAU DE CENSOS EN ESTADOS UNIDOS, JUNIO 14, 1951
- COMIENZA LA "PRIMERA GENERACIÓN" DE COMPUTADORAS

GENERACIONES DE COMPUTADORAS

1 A	1951	TUBOS AL VACÍO
2 A	1959	TRANSISTORES
3 A	1964	CIRCUITOS INTEGRADOS
4 A	1974	TECNOLOGÍA DEL MICROPROCESADOR

COMPUTADORES INSTALADOS EN LOS ESTADO UNIDOS SEGUN LOS CENSOS

AÑO	NÚMERO
1970	61,000
1975	200,000
1980	375,000

ALGUNOS FABRICANTES DE COMPUTADORAL

BURROUGHS (B)

CONTROL DATA (CDC)

DIGITAL EQUIPMENT (DEC)

HONEYWELL (H)

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES (IBM)

NATIONAL CASH REGISTER (NCR)

SPERRY UNIVAC (UNIVAC)

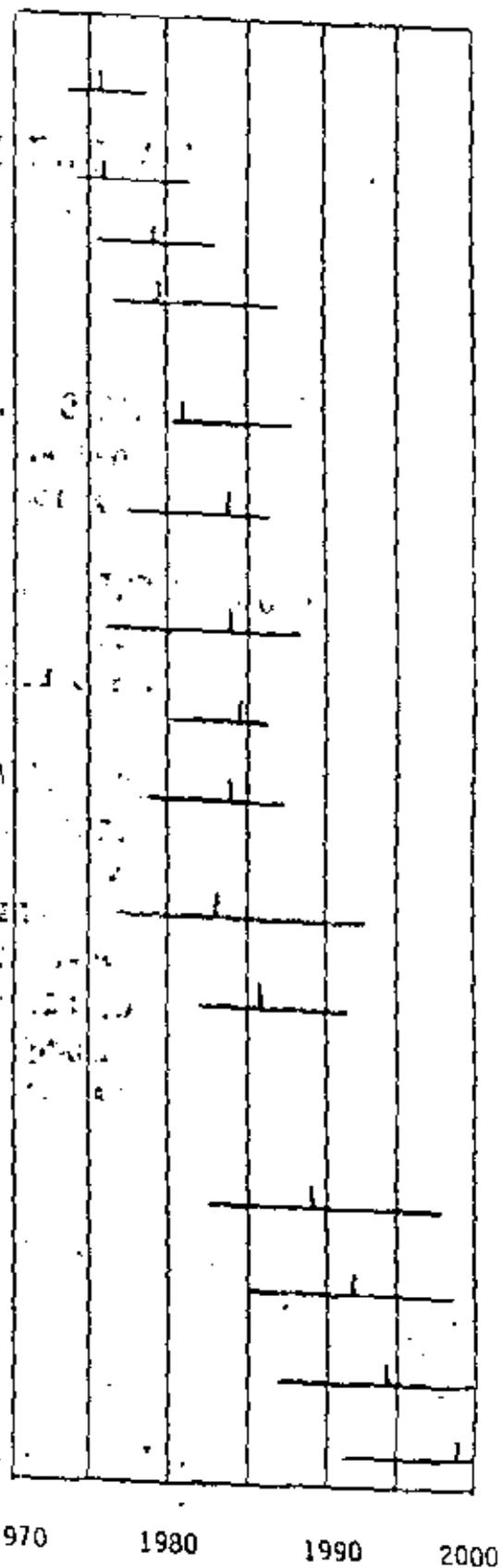
APLICACIONES DE COMPUTADORES

- NÓMINA
- CONTABILIDAD DE INVENTARIOS
- FACTURACIÓN A CLIENTES
- INFORMES A LA GERENCIA
- SIMULACIONES DE VUELO EN AVIONES
- INSTRUCCIÓN PROGRAMADA
- ANÁLISIS DE ACCIDENTES EN CARRETERAS
- RED DE INFORMACIÓN AUTOMOVILÍSTICA PARA CONCESIONARIOS
- SISTEMA DE CAJAS REGISTRADORES DE SUPERMERCADOS
- INDUSTRIA CINEMATOGRAFICA
- HOSPITAL AUTOMATIZADO
- SISTEMA POLICIACO
- CONTRL DE LA PRODUCCIÓN
- BOLSA DE VALORES
- DONADORES PARA TRANSPLANTES DE ÓRGANOS ESCOGIDOS POR IGUALACIÓN EN COMPUTADORES
- DIAGNÓSTICOS MÉDICOS
- BANCOS
- RESERVACIÓN Y EXPEDICIÓN DE BOLETOS
- LOTERÍAS Y CASINOS
- ASIGNACIÓN DE RECURSOS
- RECAUDACIÓN DE IMPUESTOS

- CONTROL DE TRÁFICO
- RELOJERÍA
- APARATOS DE MEDICIÓN

COMPUTADORES Y EL FUTURO

- Dirección del tráfico en grandes ciudades
- Vigilar pacientes en hospitales
- Instrucción programada
- Aviones comerciales controlados por computadora en despegues y aterrizajes
- Computadoras de bolsillo con memoria
- Registro de avances científicos en un sistema de banco de datos para su consulta
- Diagnóstico por computador
- Vigilancia de vehículos combinando radar y computadora
- La mayor parte de los doctores tendrán terminales para consulta
- Reducción del 50% de la mano de obra por la automatización
- Registro de todos los ingresos de la mayoría de los empleados en las terminales, y automáticamente transferir la información a las varias autoridades para impuesto
- Instrucciones al hogar por medio de computadora
- Substitución de las bibliotecas para información general
- Extenso uso de automóviles auto-dirigidos por computador
- Computadoras tan comunes como teléfonos o televisiones en el hogar



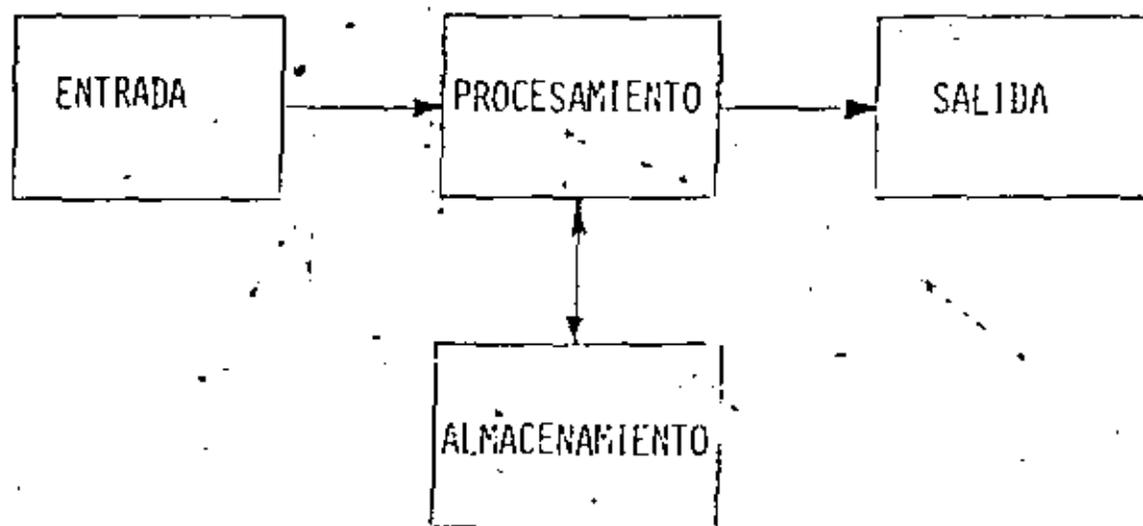
PROCESAMIENTO ELECTRONICO DE DATOS

PROCESAMIENTO DE DATOS — LA EJECUCIÓN DE UNA SERIE DE OPERACIONES CON LOS DATOS PARA PRODUCIR INFORMACIÓN ÚTIL.

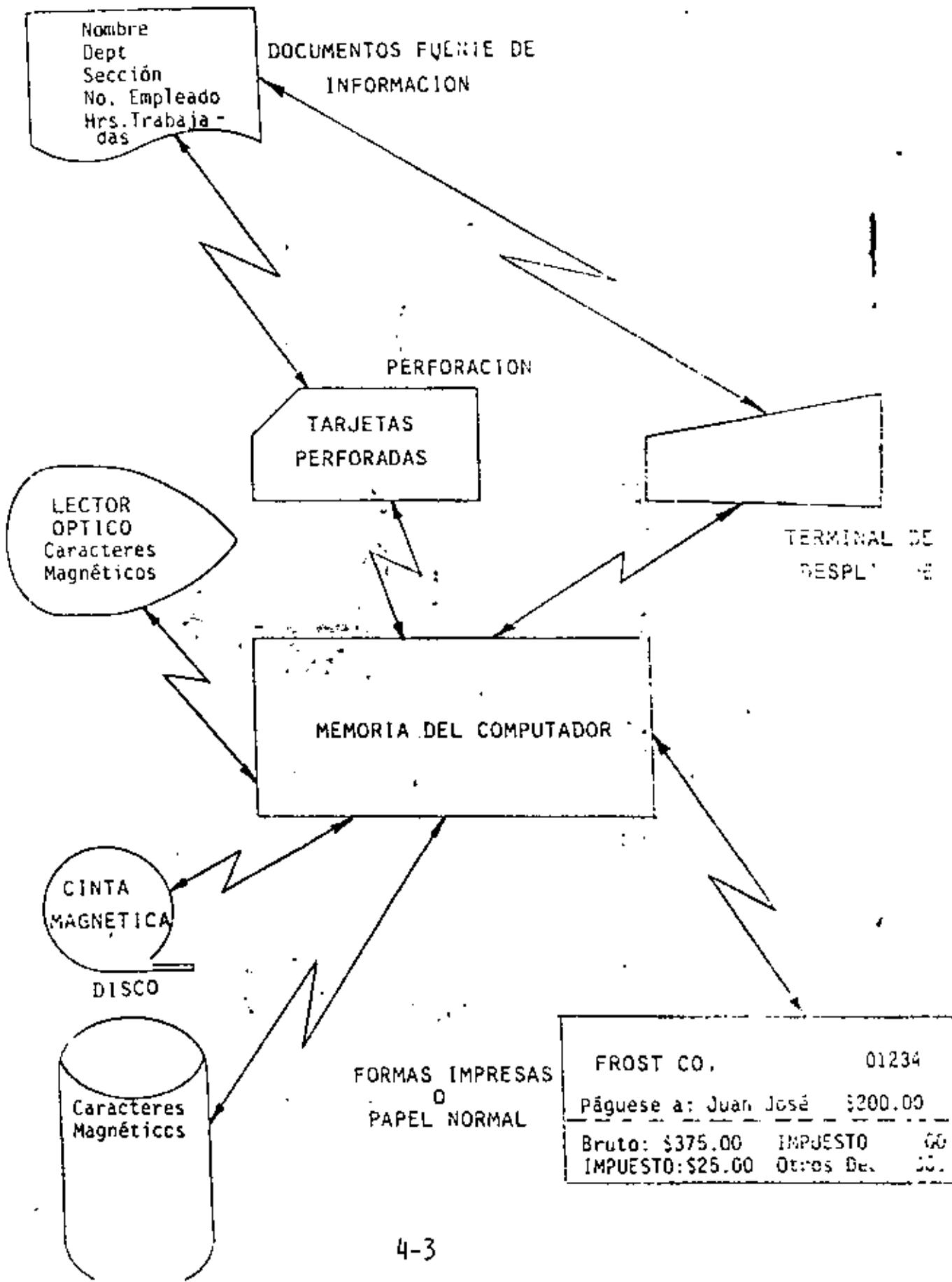
PROCESAMIENTO ELECTRONICO DE DATOS (PED) — LA EJECUCIÓN DE ESTAS OPERACIONES UTILIZANDO UN MECANISMO ELECTRÓNICO LLAMADO COMPUTADOR DIGITAL.

COMPUTADOR DIGITAL — UN MECANISMO DE COMPUTACIÓN ELECTRÓNICO CAPAZ DE RESOLVER PROBLEMAS UTILIZANDO DATOS (ENTRADA), EFECTUANDO LAS OPERACIONES PRESCRITAS EN LOS DATOS (PROCESAMIENTO), PROPORCIONANDO LOS RESULTADOS DE ESTAS OPERACIONES EN UNA FORMA ACEPTABLE (SALIDA) Y ALMACENANDO LOS RESULTADOS PARA USO FUTURO (ALMACENAMIENTO)

CICLO DEL PROCESAMIENTO DE DATOS



ENTRADA-PROCESAMIENTO-SALIDA-ALMACENAMIENTO



FROST CO.	01234
Páguese a: Juan José	\$200.00
Bruto: \$375.00	IMPUESTO 60
IMPUESTO: \$25.00	Otros De. 35.

ELEMENTOS CONCEPTUALES DE UN SISTEMA DE COMPUTO

HARDWARE

VARIOS EQUIPOS FÍSICOS ASOCIADOS CON EL SISTEMA DE CÓMPUTO; INCLUYE DISPOSITIVOS DE ENTRADA, DE PROCESAMIENTO, DE SALIDA Y DE ALMACENAMIENTO.

SOFTWARE DEL PROVEEDOR

PROGRAMAS PREPARADOS POR EL FABRICANTE DEL COMPUTADOR PARA SIMPLIFICAR LA PROGRAMACIÓN DEL USUARIO Y LAS OPERACIONES DEL COMPUTADOR.

SOFTWARE DEL USUARIO

PROGRAMAS PREPARADOS POR EL USUARIO PARA SATISFACER LAS NECESIDADES ESPECÍFICAS DE LA ORGANIZACIÓN

PROCEDIMIENTOS

UNA SERIE DE LINEAMIENTOS QUE DEFINEN EL CONTROL Y LOS ESTÁNDARES DE EJECUCIÓN PARA LAS FUNCIONES DENTRO DE UN DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO DE DATOS

PERSONAL DEL P.E.D.

PERSONAL EMPLEADO EN UN DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO DE DATOS:

ANALISTA DE SISTEMAS

PROGRAMADOR

OPERADOR DEL COMPUTADOR

PERFORISTA

ESPECIALISTA EN CAPTURA DE DATOS

ENTRADA

EL COMPUTADOR TOMA LOS DATOS DE VARIAS FUENTES DE ENTRADA :

FUENTE DE ENTRADA

TARJETAS PERFORADAS

CINTA MAGNÉTICA O DISCO

CARACTERES MAGNÉTICOS
IMPRESOS EN PAPEL

TERMINAL DE DESPLIEGUE

REPRESENTACION DE LA INFORMACION

PRESENCIA O AUSENCIA DE PERFORACIONES

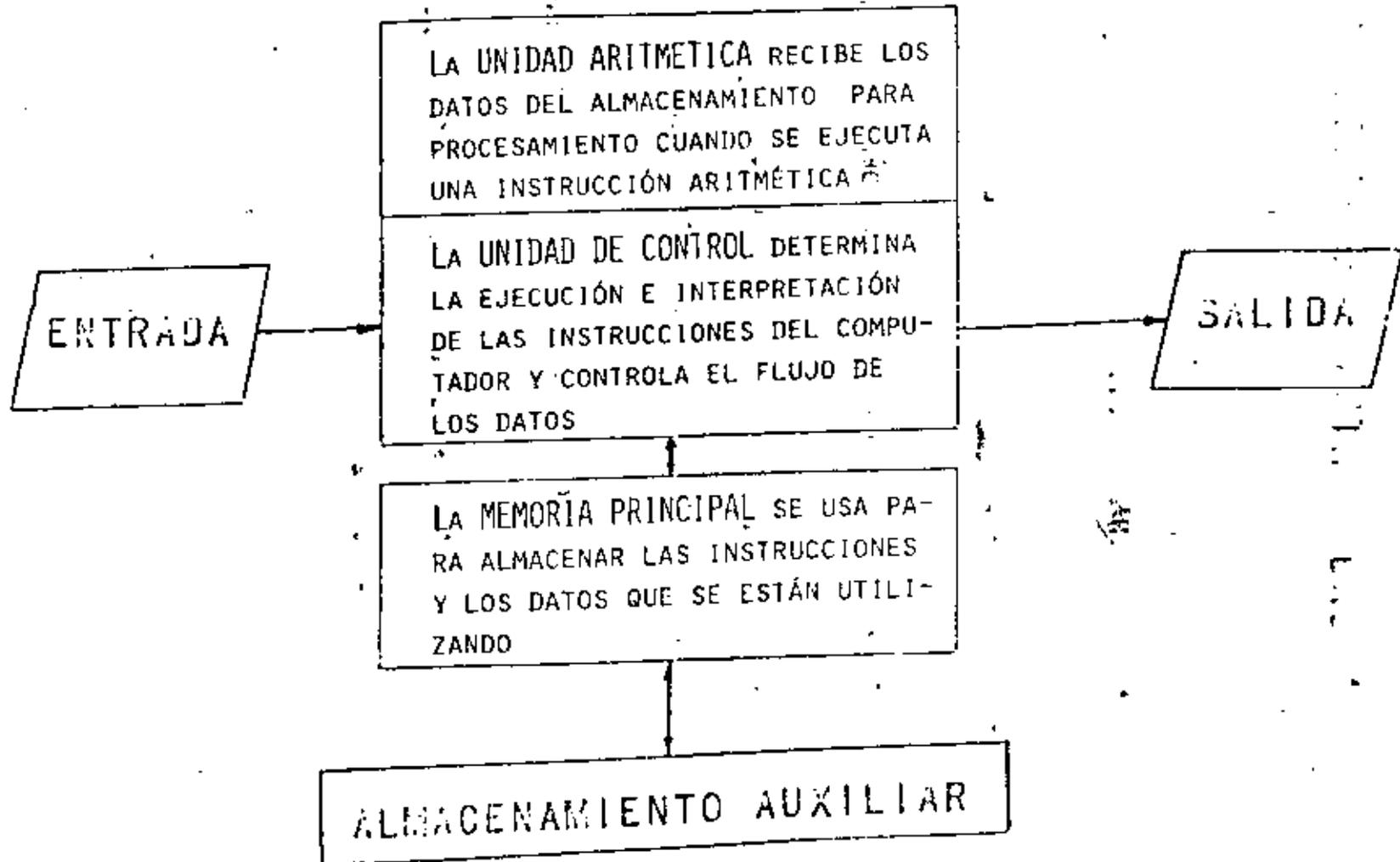
PRESENCIA O AUSENCIA DE PUNTOS
MAGNETIZADOS

INTERPRETADOS AUTOMÁTICAMENTE POR
MEDIO DE UNA MÁQUINA

LOS DATOS SE INTRODUCEN DIRECTAMENTE
AL COMPUTADOR POR MEDIO DE UN
TABLERO COMO MÁQUINA DE ESCRIBIR

PROCESAMIENTO

C P U

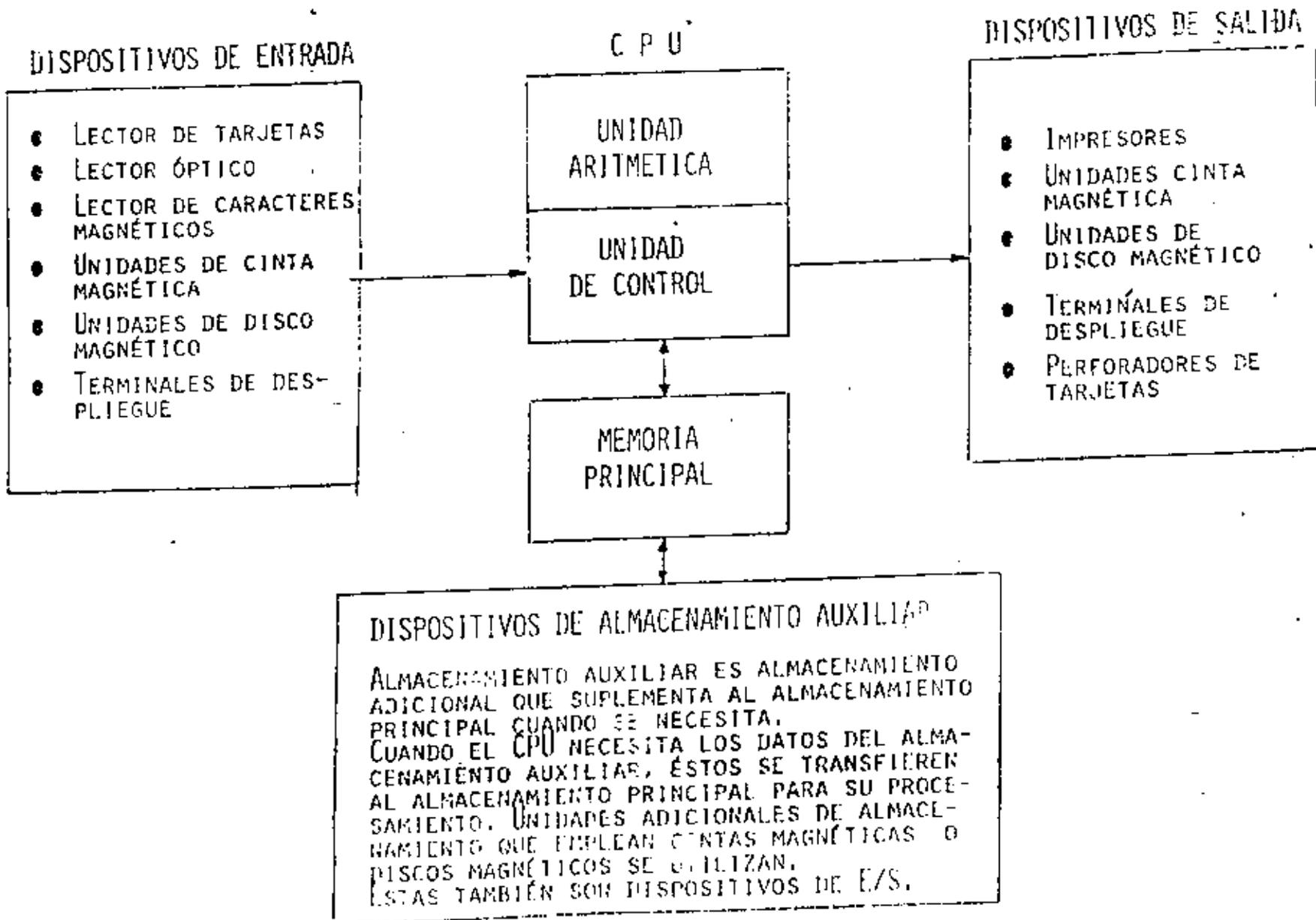


UNIDAD CENTRAL DE PROCESAMIENTO

- 1.- SELECCIONA LAS INSTRUCCIONES DEL ALMACENAMIENTO.
- 2.- DESCIFRA LAS INSTRUCCIONES SELECCIONADAS
- 3.- OBTIENE LOS DATOS NECESARIOS DEL ALMACENAMIENTO
- 4.- EFECTÚA LAS OPERACIONES ARITMÉTICAS, LÓGICAS O DE ENTRADA/SALIDA (E/S) ESPECIFICADAS.
- 5.- ALMACENA LOS RESULTADOS DE LAS OPERACIONES
- 6.- CONTROLA LA SECUENCIA DE LA SELECCIÓN DE LAS INSTRUCCIONES.

ALMACENAMIENTO

48



SALIDA

LOS RESULTADOS FINALES, DESPUÉS DE SER PROCESADOS, SE CONVIERTEN EN LA SALIDA.

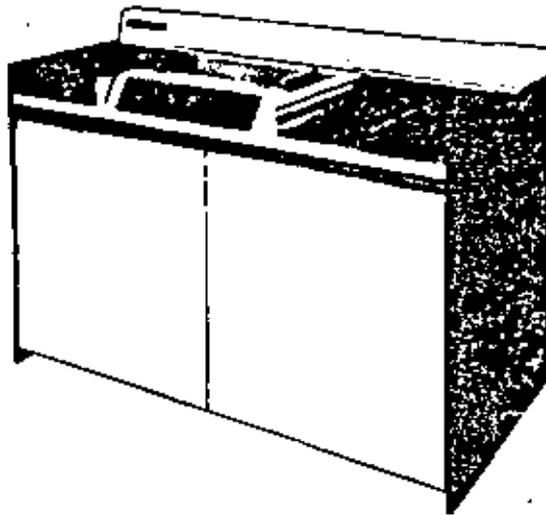
LOS PULSOS ELECTRÓNICOS DEL CPU SE CONVIERTEN EN LA REPRESENTACIÓN DE SALIDA REQUERIDA POR EL MEDIO DESTINATARIO DE SALIDA.

FUENTE DE SALIDA	REPRESENTACION DE SALIDA
TARJETAS PERFORADAS	PRESENCIA O AUSENCIA DE PERFORACIONES
CINTA O DISCO MAGNETICO	PRESENCIA O AUSENCIA DE PUNTOS MAGNETIZADOS
PAPEL	CARACTERES NUMÉRICOS, ALFABÉTICOS O ESPECIALES
TERMINALES DE DESPLIEGUE	CARACTERES NUMÉRICOS, ALFABÉTICOS O ESPECIALES

MECANISMOS DE E/S

- UN DISPOSITIVO DE ENTRADA LEE LOS DATOS DE UNA FUENTE DE ENTRADA Y LOS TRANSMITE ELECTRÓNICAMENTE AL CPU
- UN DISPOSITIVO DE SALIDA RECIBE LOS DATOS DEL CPU - ELECTRÓNICAMENTE Y REGISTRA LOS DATOS EN ALGÚN FORMATO DE SALIDA

LECTOR DE TARJETAS

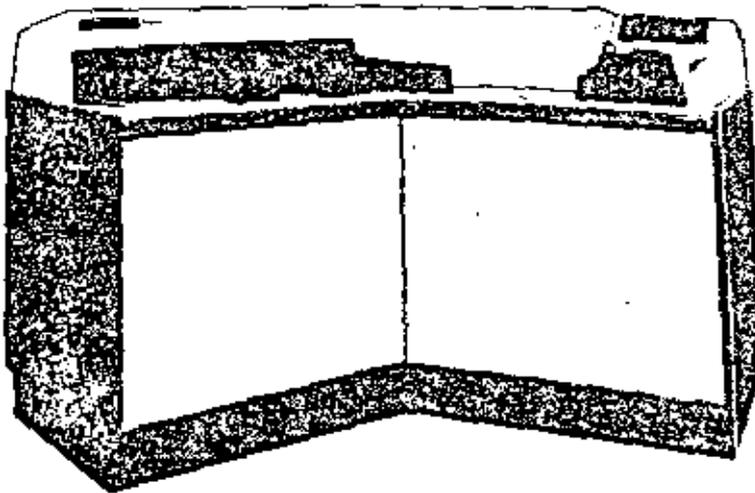


DISPOSITIVO DE ENTRADA QUE RECONOCE EL CÓDIGO PERFORADO EN LAS TARJETAS.

LAS PERFORACIONES SE CONVIERTEN EN PULSOS ELÉCTRICOS.

MICRs Y OCRs

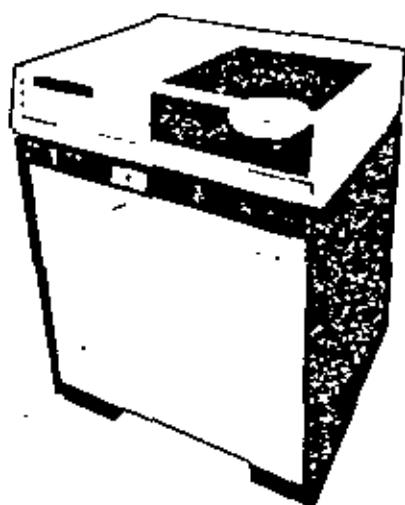
LECTOR DE DOCUMENTOS OCR



(LECTOR DE CARACTERES DE TINTA MAGNÉTICA)
DISPOSITIVOS QUE INTERPRETAN LOS CARACTERES
IMPRESOS CON TINTA MAGNÉTICA EN UN PAPEL Y
LOS TRADUCE AL CÓDIGO DE LA MÁQUINA

(LECTOR DE CARACTERES OPTICOS) DISPOSITIVOS QUE LEEN CARACTERES IMPRESOS O MANUSCRITOS Y LOS TRADUCEN AL CÓDIGO DE LA MÁQUINA

UNIDADES DE DISCO MAGNETICO

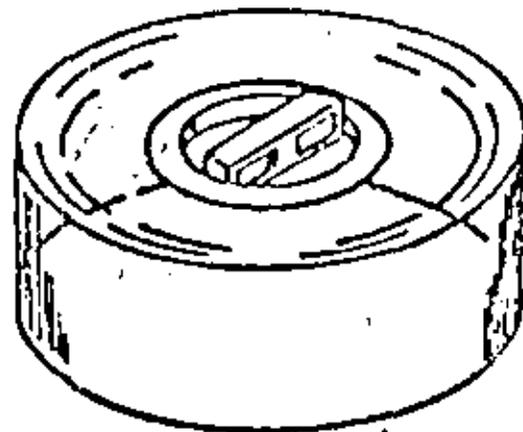


LA UNIDAD DE DISCO MAGNÉTICO ES UN DISPOSITIVO DE E/S VELOCIDAD QUE LEE Y ESCRIBE DATOS EN DISCOS MAGNÉTICOS.

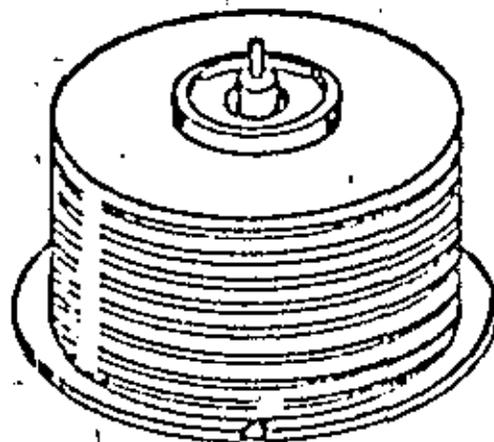
CONTIENE UN IMPULSOR Y PAQUETES DE DISCOS REMOVIBLES E INTERCAMBIABLES QUE SE UTILIZAN PARA ALMACENAMIENTO AUXILIAR.

PAQUETE DE DISCOS

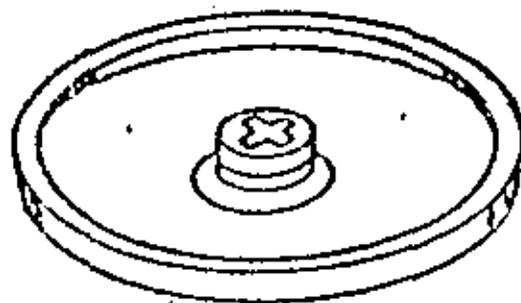
UN PAQUETE DISCO CONSISTE EN UN NÚMERO VARIABLE DE PLATILLOS DE 14 PULGADAS MONTADOS EN UN EJE VERTICAL.



CUBIERTA PROTECTORA
Y MANIJA

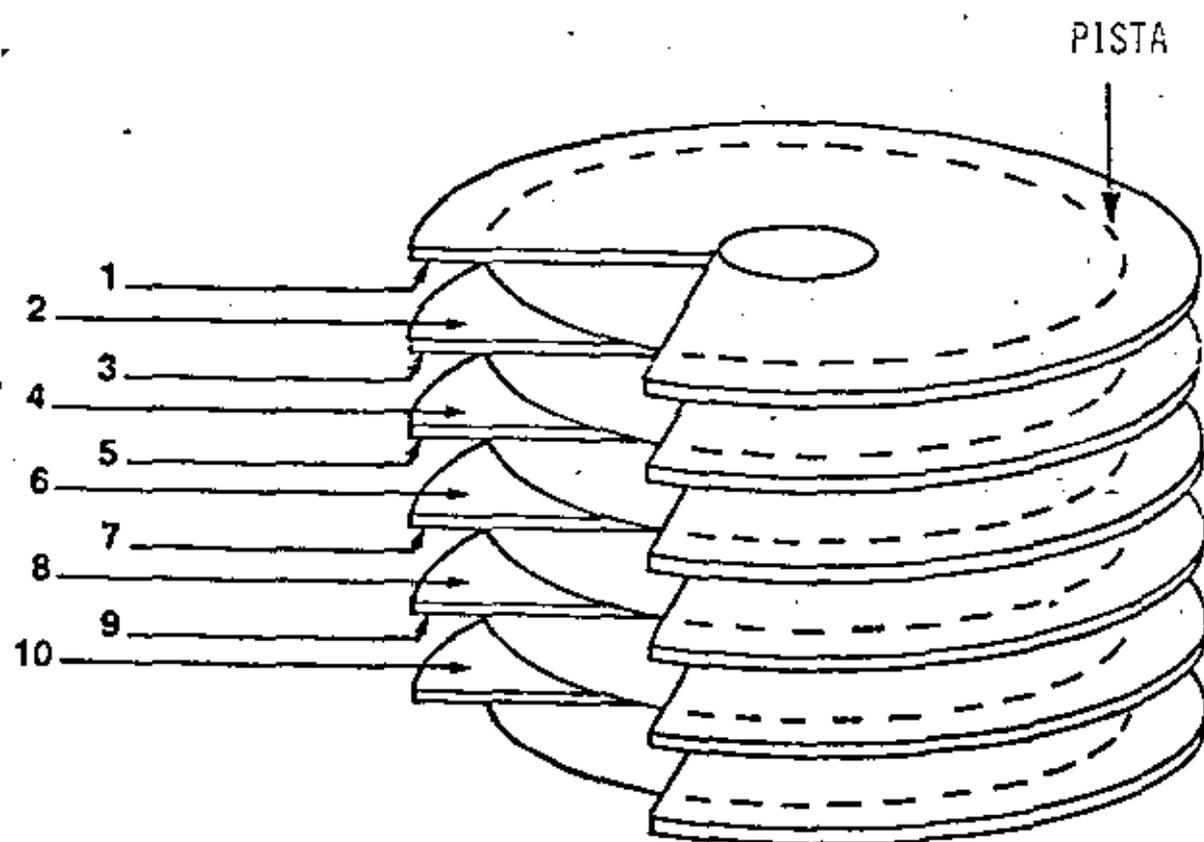


PAQUETE DE DISCOS



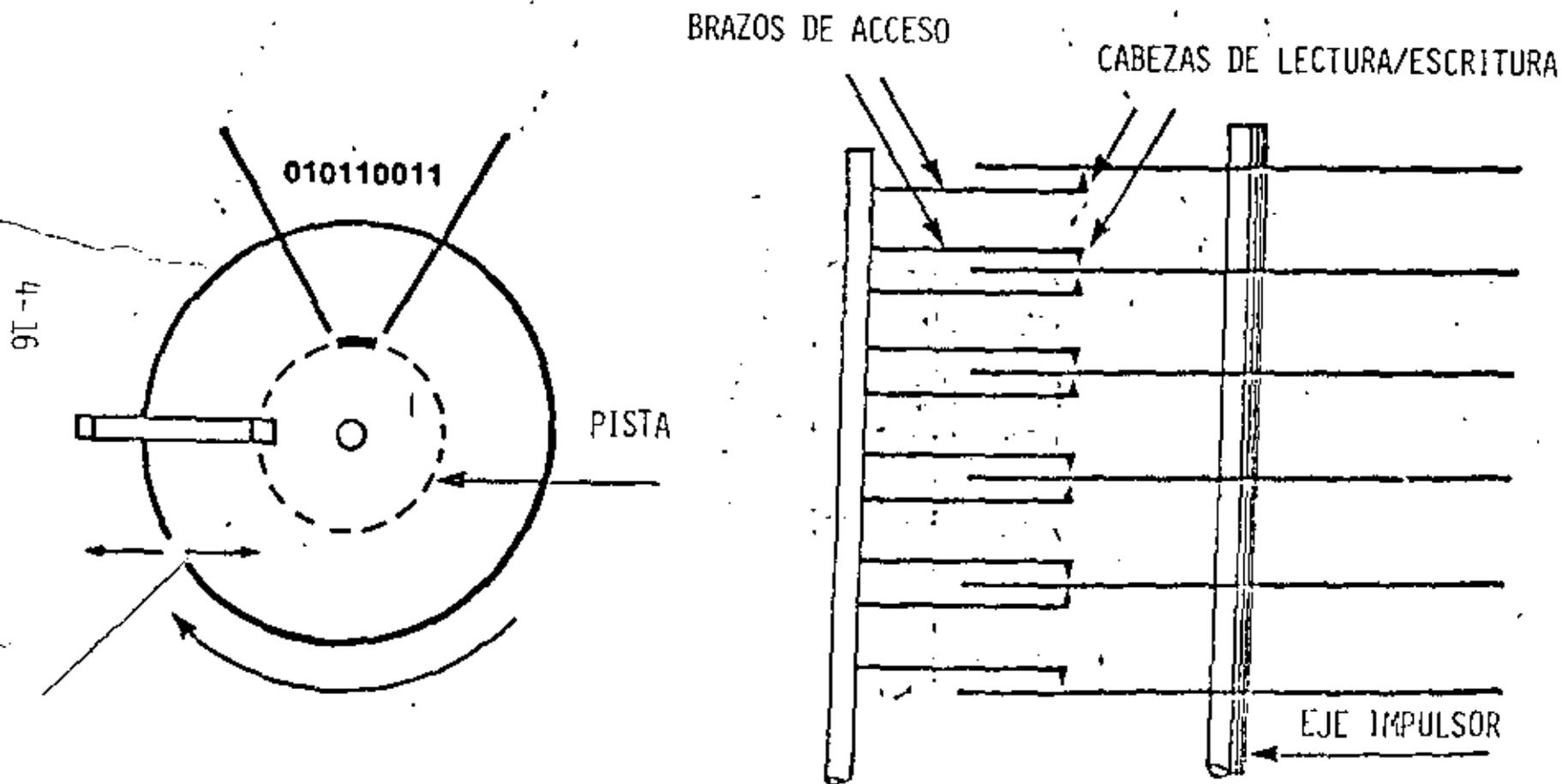
CUBIERTA INFERIOR

PISTAS PARA GRABACION EN UN PAQUETE DE DISCO



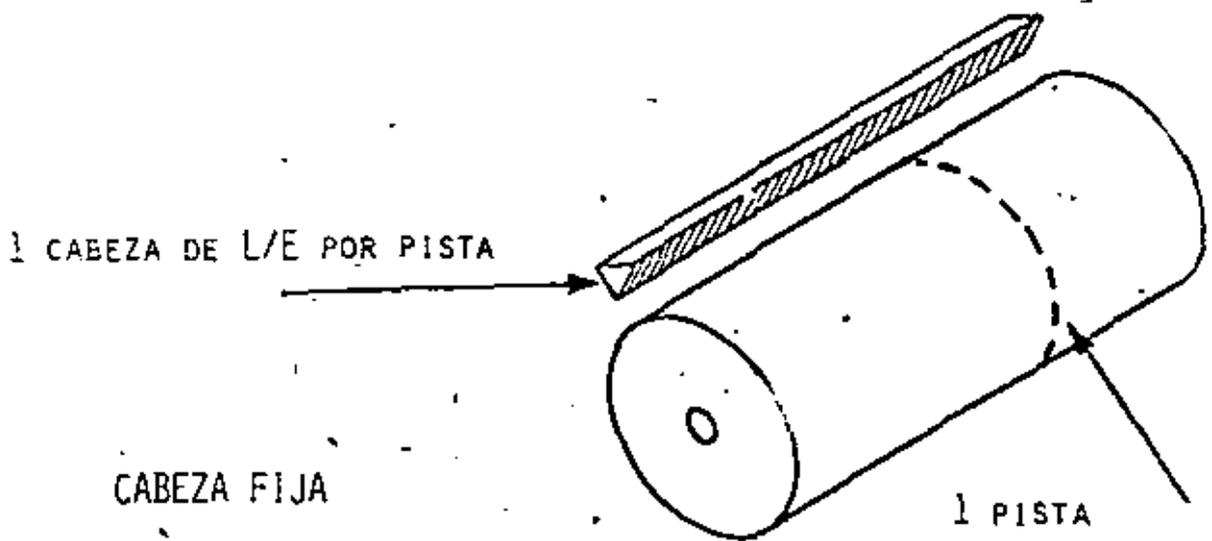
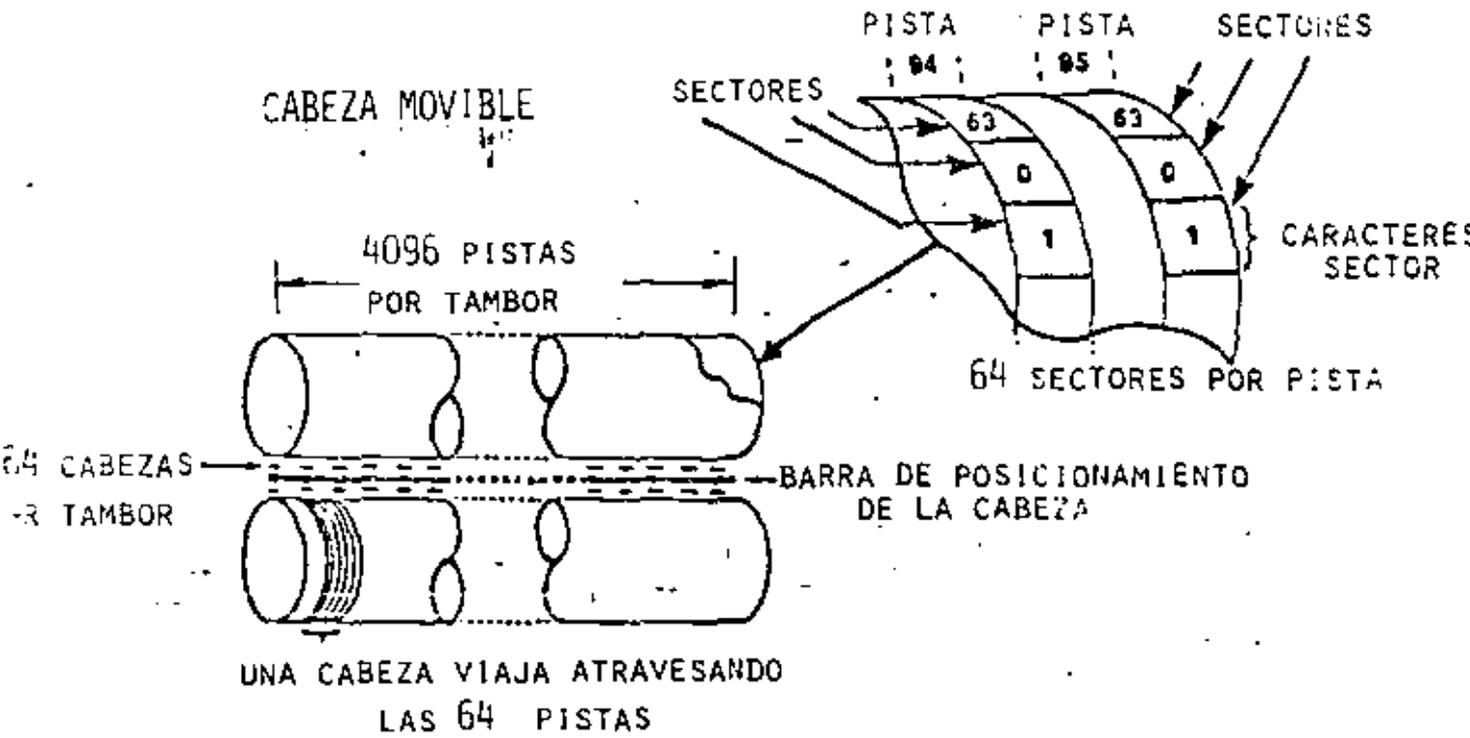
CADA SUPERFICIE PARA GRABACIÓN CONTIENE DE 200 A 800 PISTAS CONCÉNTRICAS DE REGISTRO.

GRABACION EN LOS DISCOS

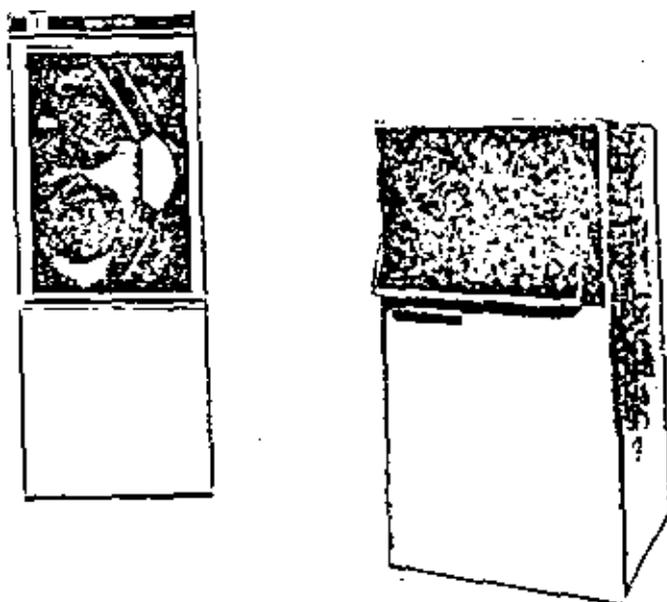


LOS DATOS SE GRABAN A TRAVÉS DE PUNTOS MAGNÉTICOS SOBRE LA SUPERFICIE DEL DISCO, EL CUAL ESTÁ CUBIERTO CON UNA CAPA DE ÓXIDO FERROSO.

TAMBOR MAGNETICO



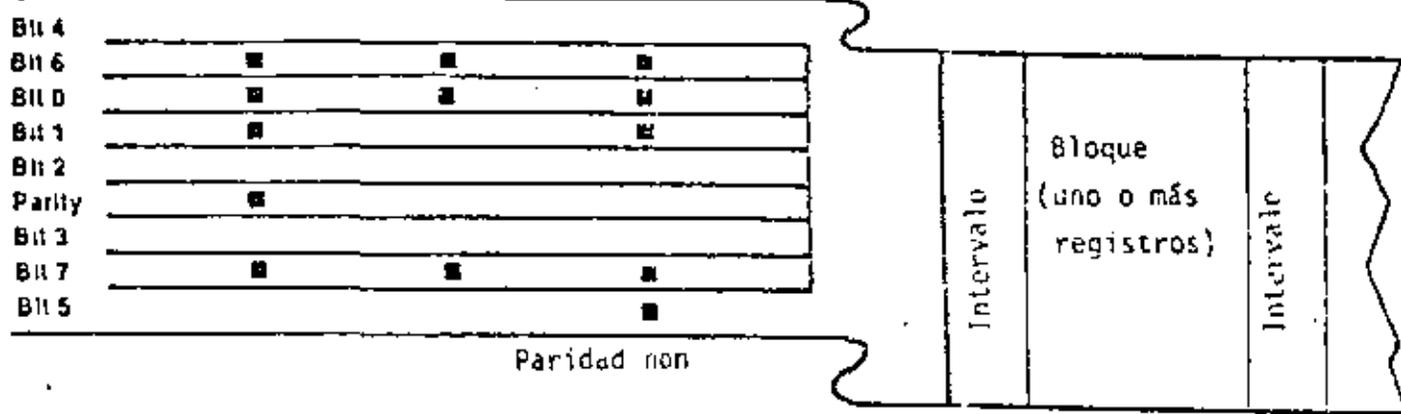
UNIDAD DE CINTA MAGNETICA



LA UNIDAD DE CINTA MAGNÉTICA ES UN DISPOSITIVO DE E/S DE ALTA VELOCIDAD QUE LEE Y ESCRIBE DATOS SOBRE UNA CINTA MAGNÉTICA. TAMBIÉN FUNCIONA COMO ALMACENAMIENTO AUXILIAR.

CINTA MAGNETICA

Cinta Magnética de 9 canales



DESCRIPCION

MATERIAL — MYLAR* CUBIERTO CON ÓXIDO DE HIERRO

MEDIDAS — 2400 PIES DE LONGITUD POR 1/2 PULGADA DE ANCHURA

MODO DE GRABACIÓN — PUNTOS MAGNETIZADOS (BITS)

TERMINOS

MARCO — UN CORDÓN DE BITS QUE ATRAVIESAN LA ANCHURA DE LA CINTA (NORMALMENTE REPRESENTA UN CARACTER)

CANALES — EL NÚMERO (7 Ó 9) DE ÁREAS PARALELAS PARA GRABACIÓN A LO LARGO DE LA CINTA

DENSIDAD — LOS MARCOS POR PULGADAS DE DATOS GRABADOS (DE 200 A 6250)

PARIDAD — MÉTODO PARA CHECAR ERRORES (NON O PAR)

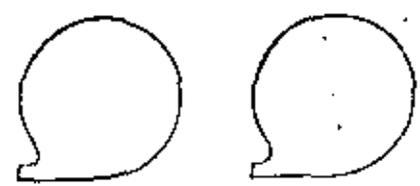
* Trademark de E.I. Dupont de Nemours y Cia., Inc.

COMPARACION DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

4-20



1 PAQUETE DE DISCOS



2 CARRETES DE CINTA



UNA PILA DE 500
PIES DE ALTURA

ALMACENAMIENTO REQUERIDO PARA 66.000.000 CARACTERES

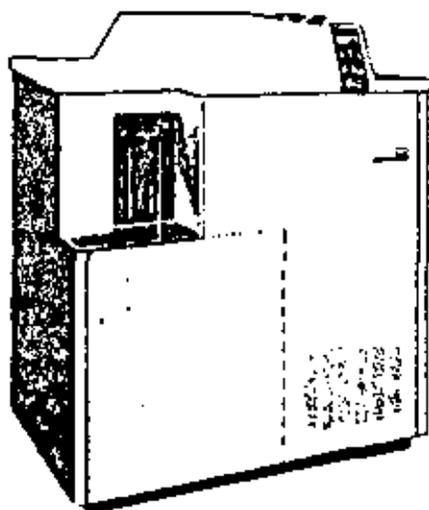
TERMINAL DE DESPLIEGUE



LAS TERMINALES DE DESPLIEGUE SE OPERAN A TRAVÉS DE TECLADOS Y CONTIENEN UNA PANTALLA PARA EL DESPLIEGUE DE MENSAJES.

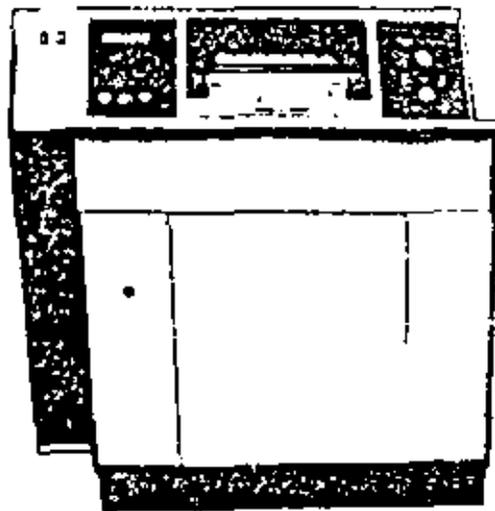
LAS TERMINALES DE DESPLIEGUE PERMITEN AL USUARIO INTRODUCIR Y RECUPERAR INFORMACIÓN DE SITIOS REMOTOS DESDE EL COMPUTADOR CENTRAL.

PERFORADOR DE TARJETAS



EL PERFORADOR DE TARJETAS ES UNA MÁQUINA QUE PRODUCE TARJETAS PERFORADAS, LAS CUALES CONTIENEN DATOS ENVIADOS A ÉSTA POR EL CPU. CONVIERTE LOS 1'S (UNOS) Y LOS 0'S (CEROS) A LA CLAVE DE PERFORACIÓN HOLLERITH.

IMPRESORA



LA IMPRESORA CONVIERTE LOS PULSOS ELÉCTRICOS QUE SE HAN RECIBIDO DEL CPU EN UN LENGUAJE LEGIBLE Y LOS GRABA EN FORMA DE DOCUMENTOS IMPRESOS.

EL PAPEL PARA IMPRESIÓN VIENE EN LARGAS Y CONTÍNUAS HOJAS. ÉSTAS HOJAS ESTÁN DISPONIBLES EN TIPOS ESTÁNDARES DE PAPEL COMERCIAL. POR EJEMPLO :

- PAPEL EN BLANCO PARA LISTADOS, REPORTE IMPRESOS, E
- PAPEL IMPRESO PARA FACTURAS, REMISIONES, ETC.
- CHEQUES SIN FIRMAR PARA NÓMINAS, DIVIDENDOS, ETC.
- CUALQUIER OTRA FORMA QUE PUEDA REQUERIRSE

Velocidades Relativas de un Sistema de Cómputo Mediano

DISPOSITIVO	VELOCIDAD
LECTOR DE TARJETAS	500 TARJETAS/MINUTO
TERMINAL DE DESPLIEGUE	120 CARACTERES/SEGUNDO
CINTA MAGNÉTICA (CARRETE)	34,000 CARACTERES/SEGUNDO
DISCO MAGNÉTICO	154,000 CARACTERES/SEGUNDO
PERFORADOR DE TARJETAS	200 TARJETAS/MINUTO
IMPRESORA	1000 LÍNEAS/MINUTO (130 CARACTERES/LÍNEA)
CPU	300,000 CARACTERES/SEGUNDO

LA VELOCIDAD DE UN DISPOSITIVO DE E/S ESTÁ DIRECTAMENTE
RELACIONADA CON LA ACCIÓN MECÁNICA INVOLUCRADA :

DISPOSITIVOS ORIENTADOS AL PAPEL — EL MOVIMIENTO FÍSICO
DEL PAPEL O DE LAS TARJETAS

CINTA MAGNÉTICA — EL TIEMPO DE INICIO/DETENCIÓN REQUERIDO
EN EL MOVIMIENTO DE LA CINTA

DISCO — EL TIEMPO DE POSICIONAMIENTO DE LA CABEZA DE
LECTURA/ESCRITURA

UNIDADES DE MEDIDAS — t TIEMPO

MILISEGUNDO (MS) = UN MILÉSIMO DE SEGUNDO

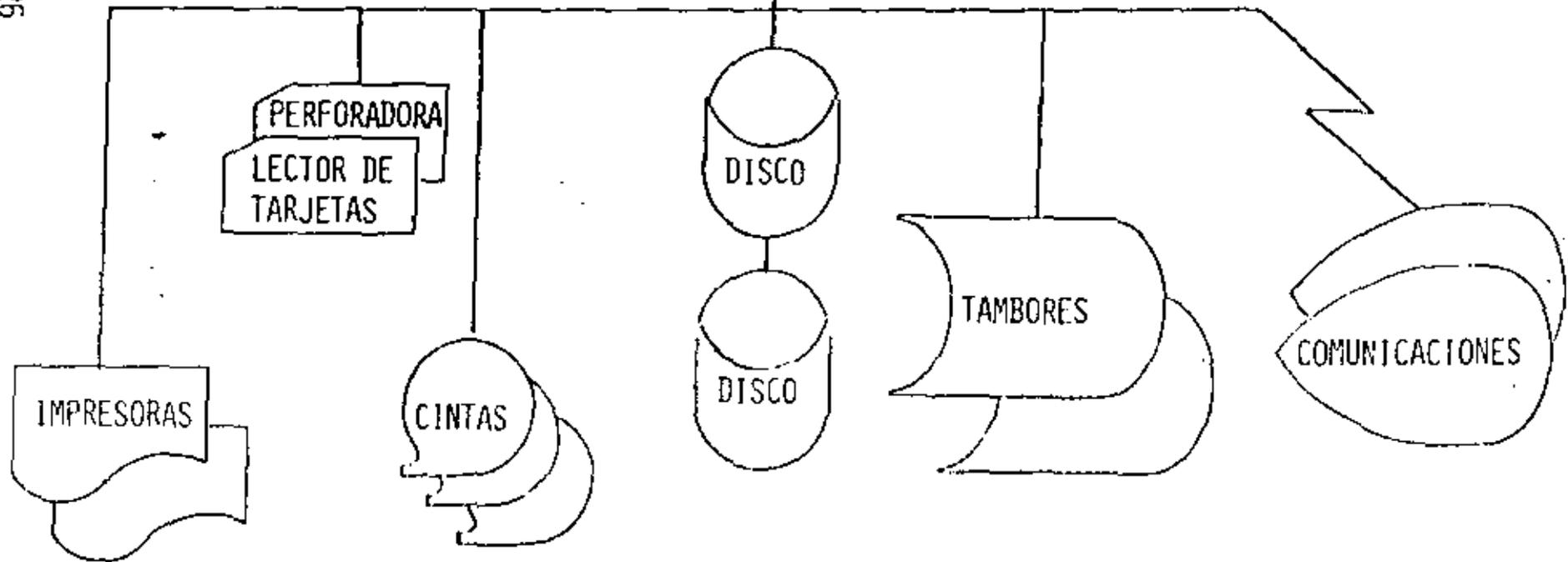
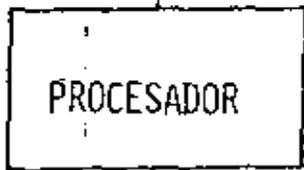
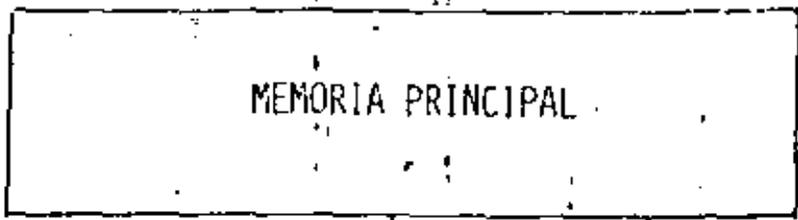
MICROSEGUNDO (S) = UN MILLONÉSIMO DE SEGUNDO

NANOSEGUNDO (NS) = UN BILLONÉSIMO DE SEGUNDO

PICOSEGUNDO (PS) = UN TRILLONÉSIMO DE SEGUNDO

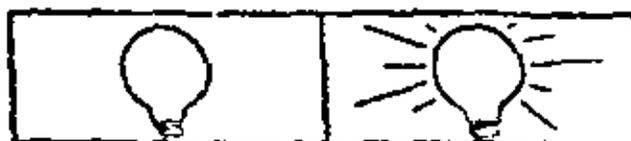
NOTA DEL TRADUCTOR : EN U.S.A. UN BILLÓN ES
MIL MILLONES.
EN ESTE CASO UN NANOSEGUNDO
SERÁ MIL MILLONES DE SEGUNDO.

ARQUITECTURA DEL COMPUTADOR

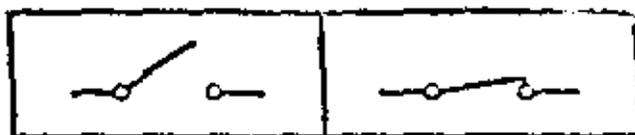


ESTADOS BINARIOS

LUZ



CONTACTOS DE RELEVO



APAGADORES



TARJETA PERFORADA



PULSOS ELECTRICOS



NUCLEOS MAGNETICOS



SIMBOLO BINARIO



BYTE:

COMBINACION DE BITS
QUE REPRESENTA UN CARACTER

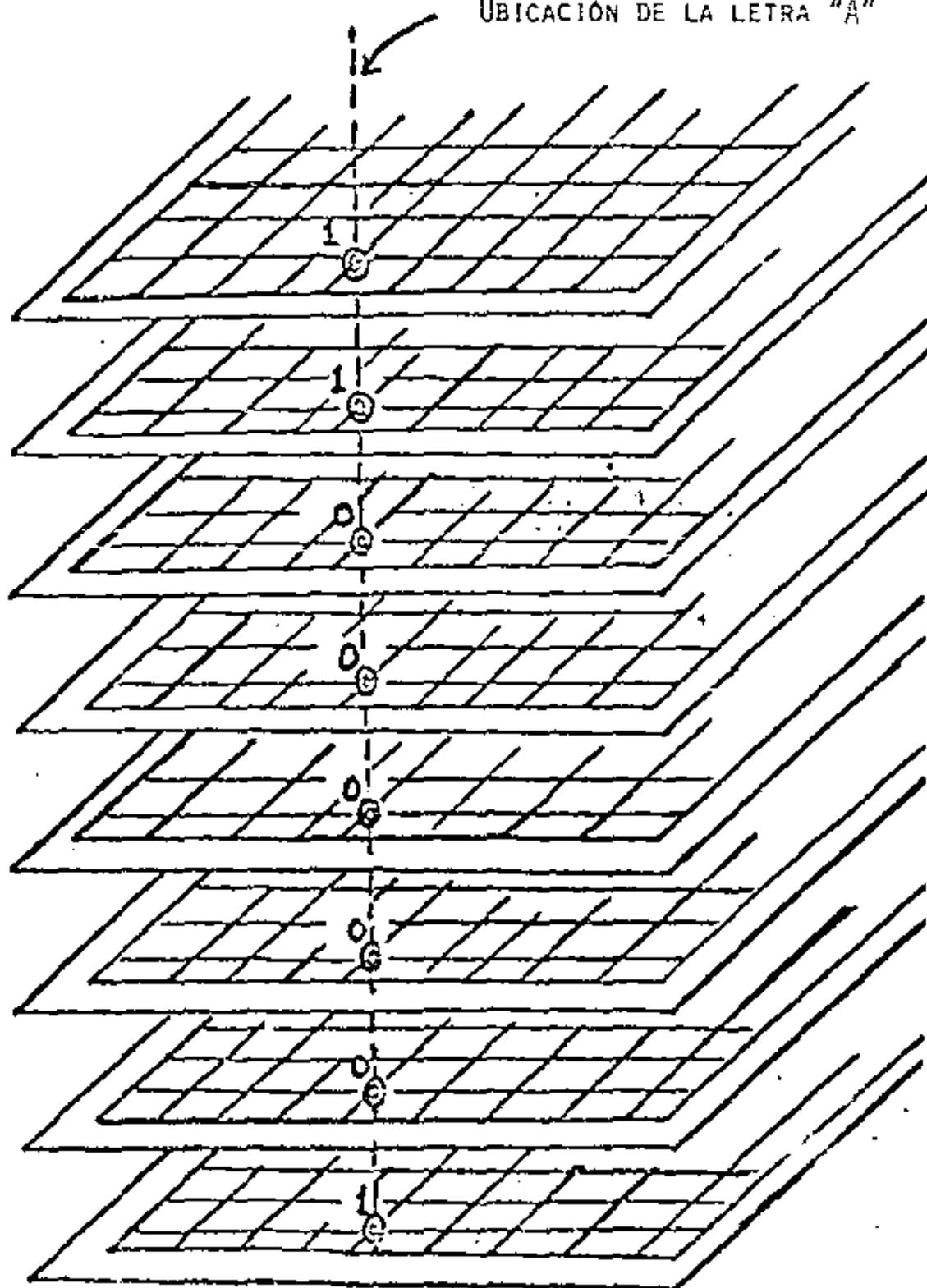
1 1 \emptyset \emptyset \emptyset \emptyset \emptyset 1

BIT DE
ORDEN ALTA

BIT DE
ORDEN BAJA

MEMORIA DE NUCLEOS MAGNETICOS

UBICACIÓN DE LA LETRA "A"



CODIGOS ESTANDAR - TAQUIGRAFIA PARA ANOTACIONES BINARIAS

EBCDIC (CÓDIGO EXTENDIDO DE INTERCAMBIO DECIMAL CODIFICADO
EN BINARIO)

ASCII (CÓDIGO ESTANDAR AMERICANO PARA EL INTERCAMBIABLE
DE INFORMACIÓN)

FIELDATA (ORIGINADA POR EL DEPARTAMENTO DE LA DEFENSA PARA
USO DEL EJÉRCITO DE LOS ESTADOS UNIDOS)

VALORES DE ALGUNOS CARACTERES UTILIZADOS
 CODIGOS ESTANDAR

CARACTER	EBCDIC	ASCII	FIELDATA
A	1100 0001	100 0001	000 110
B	1100 0010	100 0010	000 111
C	1100 0011	100 0011	001 000
D	1100 0100	100 0100	001 001
E	1100 0101	100 0101	001 010
F	1100 0110	100 0110	001 011

VALORES DE ALGUNOS CARACTERES UTILIZANDO
 CODIGOS ESTANDAR (CONTINUACION)

CARACTER	EBCDIC	ASCII	FIELDATA
0	1111 0000	011 0000	110 000
1	1111 0001	011 0001	110 001
2	1111 0010	011 0010	110 010
3	1111 0011	011 0011	110 011
4	1111 0100	011 0100	110 100
5	1111 0101	011 0101	110 101

SISTEMAS NUMERICOS

DECIMAL (10)	BINARIO (2)	OCTAL (8)	HEXADECIMAL (16)
0	0000	0	0
1	0001	1	1
2	0010	2	2
3	0011	3	3
4	0100	4	4
5	0101	5	5
6	0110	6	6
7	0111	7	7
8	1000		8
9	1001		9
10	1010		A
11	1011		B
12	1100		C
13	1101		D
14	1110		E
15	1111		F

SUMA

$$\begin{array}{r} 9 \\ + 1 \\ \hline 10 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ + 1 \\ \hline 10 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 7 \\ + 1 \\ \hline 10 \end{array}$$

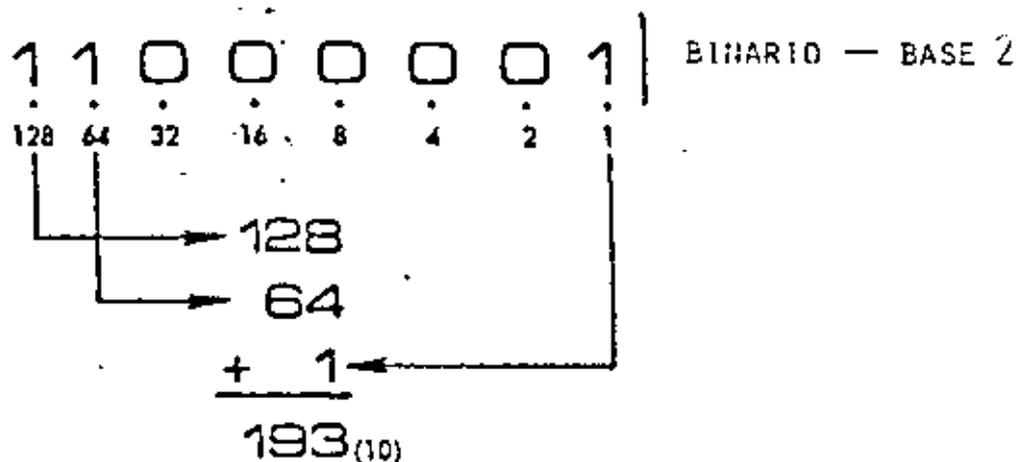
$$\begin{array}{r} F \\ + 1 \\ \hline 10 \end{array}$$

CERO CON ACARREO DE 1

APLICACIONES DE VALORES POSICIONALES

PARA DETERMINAR EL VALOR DE UNA POSICIÓN EN CUALQUIER SISTEMA NUMÉRICO, COMENZAR CON EL PUNTO Y SEGUIR HACIA LA IZQUIERDA. LA BASE DEL SISTEMA NUMÉRICO SE ELEVA A POTENCIAS SUCESIVAS EN CADA POSICIÓN.

	BINARIO	=	DECIMAL
LETRA A	11000001	=	193



CONVERSION DE DECIMAL A BINARIO

$$\begin{array}{r} 2 \overline{) 25_{(10)}} \\ \underline{20} \\ 5 \\ \underline{4} \\ 1 \\ \underline{2} \\ 0 \end{array} \begin{array}{l} = 1 \\ = 0 \\ = 0 \\ = 1 \\ = 1 \\ 0 = 1 \end{array}$$



$$= \begin{array}{cccccc} 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & (2) \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \\ 16 & 8 & 4 & 2 & & \\ \hline & \rightarrow & 16 & & & \\ & \rightarrow & 8 & & & \\ & & + 1 & & & \\ \hline & & 25 & & & \\ & & (10) & & & \end{array}$$

ORGANIZACION DE LOS DATOS

ARCHIVO DE UNA OFICINA	SISTEMA DE PROCESAMIENTO DE DATOS	DESCRIPCION
CUARTO DE ARCHIVO	BIBLIOTECA DE DISCOS Y CINTAS	LA CANTIDAD TOTAL DE DATOS A CONSIDERAR
GABINETE (ARCHIVO)	VOLUMEN	AGRUPACION LOGICA DE DATOS PARA UNA O MAS APLICACIONES
GAVETA DE ARCHIVERO	ARCHIVO	PEQUEÑA AGRUPACION DE DATOS PARA UNA SOLA APLICACION. LOS DATOS GENERALMENTE SON DEL MISMO TIPO.
FOLDER DEL ARCHIVERO	BLOCK O SECCION DEL ARCHIVO	UN GRUPO DE DATOS QUE SE ARCHIVAN Y SE RECUPERAN COMO UNA UNIDAD.
FORMA	REGISTRO	AGRUPACION LOGICA DE LOS DATOS PARA UNA SOLA TRANSACCION, TAL COMO UNA FORMA PARA UN PEDIDO.
ASIENTO	CAMPO	UN ARTICULO COMPLETO DE DATOS QUE SE ENCUENTRA EN LA FORMA O REGISTRO, TAL COMO NOMBRE, DIRECCION O BALANCE
CARACTER MANUSCRITO	CARACTER O BYTE	UNO DE UN GRUPO DE CARACTERES QUE FORMAN UN CAMPO

VENTAJAS DEL PROCESAMIENTO DE TARJETAS

- BAJO COSTO
- SE PUEDEN MANEJAR MANUALMENTE

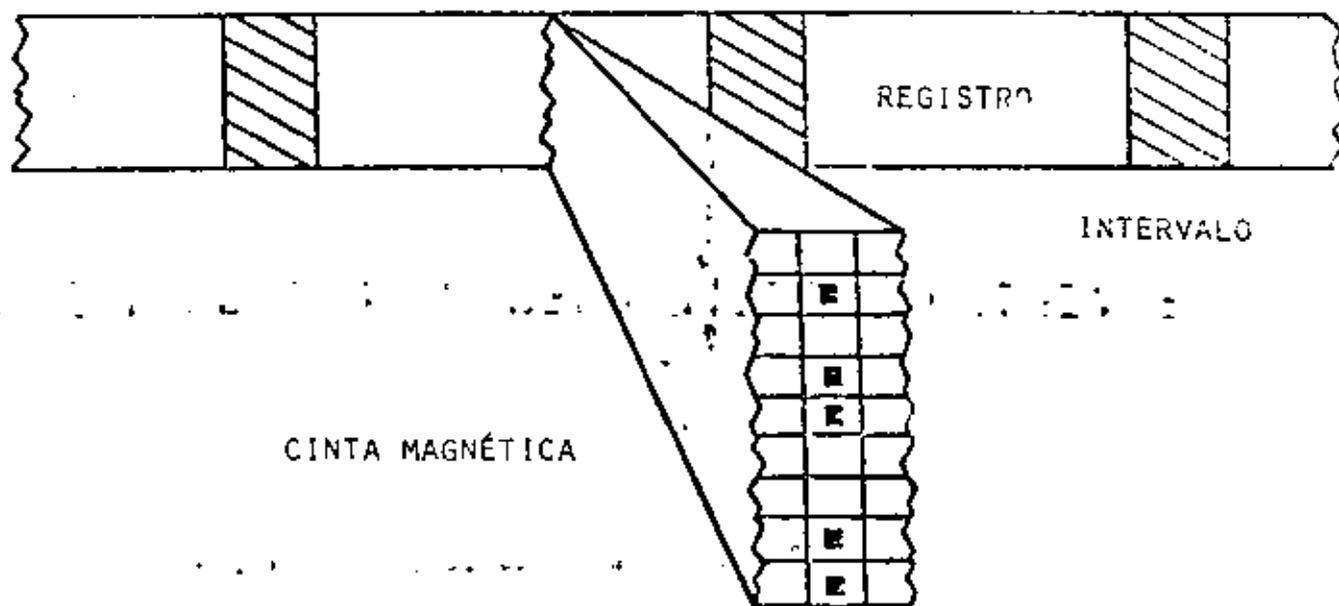
DESVENTAJAS DEL PROCESAMIENTO DE TARJETAS

- DURAN-POCO: LAS TARJETAS SE DOBLAN Y DEFORMAN
- LOS DISPOSITIVOS DE TARJETAS SON MECÁNICOS, SUJETOS A ATORAMIENTOS
- NO ES CONVENIENTE GUARDAR UN GRAN NÚMERO DE TARJETAS

ARCHIVOS EN CINTAS MAGNÉTICAS

UN SOLO CARRETE DE CINTA SE CONOCE GENERALMENTE COMO UN VOLUMEN.

UN VOLUMEN PUEDE CONTENER VARIOS PEQUEÑOS ARCHIVOS O UN GRAN ARCHIVO.

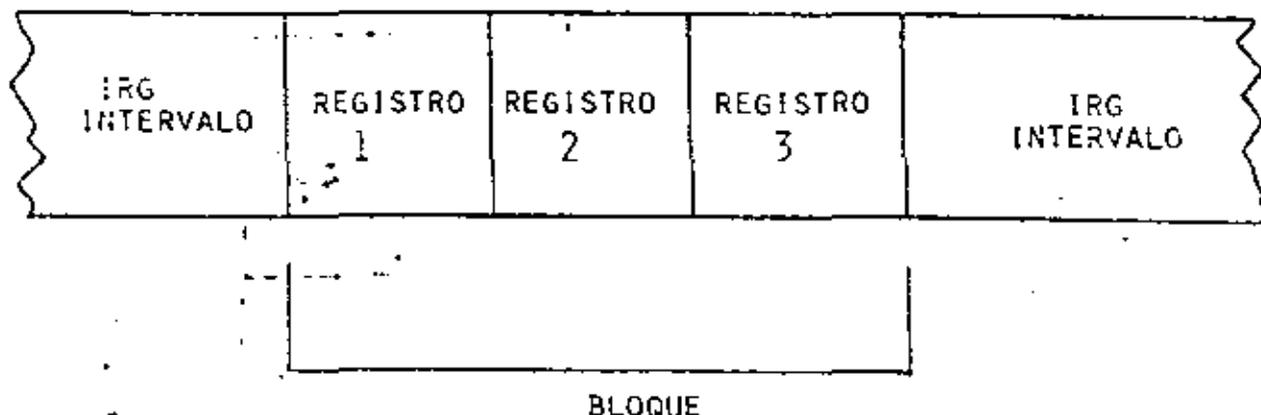


LOS CARACTERES DE LOS DATOS SE REGISTRAN COMO UNA SERIE DE PULSOS MAGNÉTICOS EN CANALES PARALELOS DE LA CINTA A TRAVÉS DE SU ANCHURA.

ARREGLO DE LOS DATOS GRABADOS EN CINTA

LOS ARCHIVOS EN CINTA FRECUENTEMENTE SE UTILIZAN PARA UNA GRAN CANTIDAD DE DATOS.

LA LONGITUD DE UN REGISTRO EN LA CINTA ESTÁ RESTRINGIDA - SÓLO POR LAS LIMITACIONES FÍSICAS DEL COMPUTADOR.

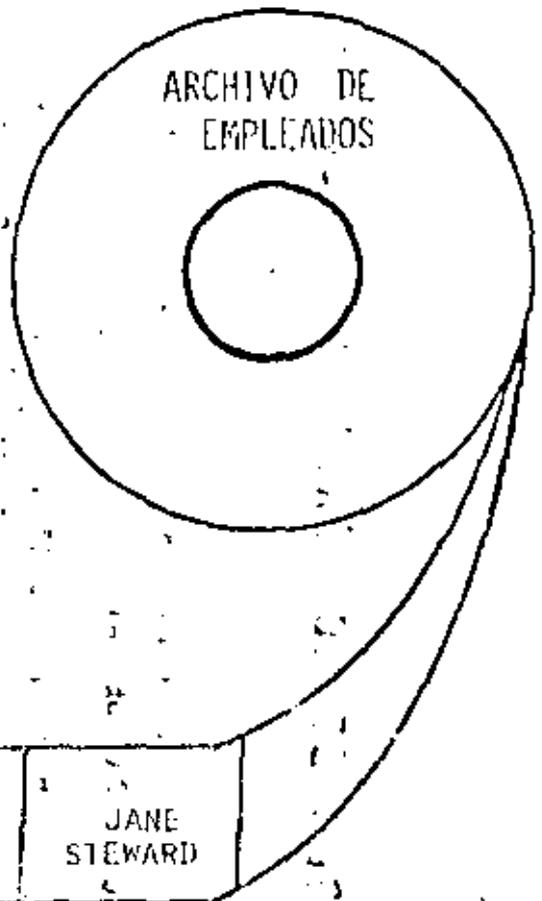


UN BLOQUE SE COMPONE DE UNO O MÁS REGISTROS LÓGICOS. LOS BLOQUES ESTÁN SEPARADOS POR INTERVALOS EN BLANCO LLAMADOS "GAPS".

LOS "GAPS" SE CREAN AUTOMÁTICAMENTE CUANDO UN BLOQUE DE DATOS SE ESCRIBE.

PROBLEMA :

ACCESAR EL REGISTRO DEL EMPLEADO JOHN DOE



MARY WILLIAMS	JOE JOHNSON	BILL SMITH	ISAM JONES	JOHN DOE	JANE STEWARD
---------------	-------------	------------	------------	----------	--------------

¿ QUÉ INFORMACIÓN SE REQUIERE ?

9-9

LA MECÁNICA DEL PROCESAMIENTO DE CINTAS

LOS DATOS SE PROCESAN EN SECUENCIA.

PROBLEMA : ACCESAR AL REGISTRO DEL EMPLEADO JOHN DOE.

INFORMACIÓN REQUERIDA : LA SECUENCIA DE LA CINTA

NÚMERO DE EMPLEADO ?

NÚMERO DEL SEGURO SOCIAL ?

NOMBRE DEL EMPLEADO ?

PROCESO. : LOS REGISTROS SE EXAMINAN INDIVIDUALMENTE.

EL CAMPO DE LA LLAVE DE SECUENCIA SE EXAMINA.

TODOS LOS REGISTROS QUE FÍSICAMENTE PRECEDEN AL DE JOHN DOE DEBEN PROCESARSE. NO EXISTE UN MÉTODO CONVENIENTE PARA SALTAR LAS PRIMERAS PULGADAS DE LA CINTA O DE IR DIRECTAMENTE A LA MITAD DE LA CINTA.

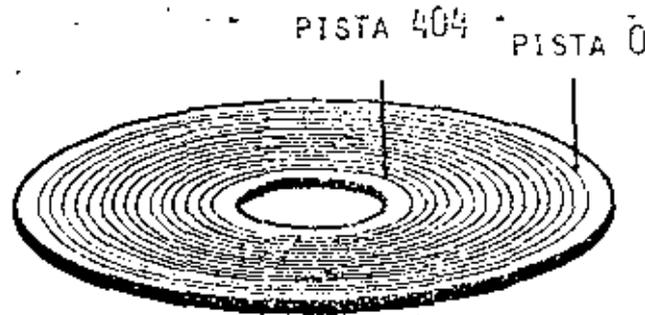
VENTAJAS DEL PROCESAMIENTO DE CINTAS

- REGISTROS DE CUALQUIER TAMAÑO SE PUEDEN ALMACENAR
- SE ALMACENAN GRANDES VOLÚMENES DE DATOS A BAJO COSTO
- ES EFECIENTE SI TODOS, O LA MAYOR PARTE DE LOS REGISTROS DE UN ARCHIVO DE CINTA SE DEBEN PROCESAR LA MAYORÍA DEL TIEMPO.

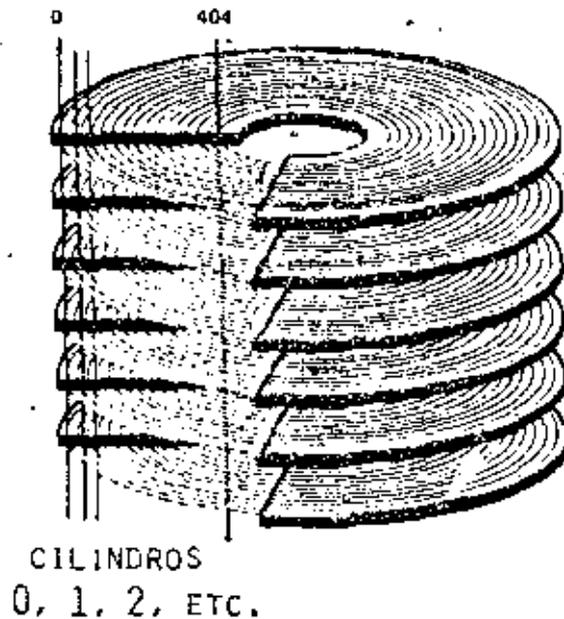
DESVENTAJAS DEL PROCESAMIENTO DE CINTAS

- LA INFORMACIÓN NO ES VISIBLE POR HUMANOS
- ES ESTRICTAMENTE UN PROCESO SECUENCIAL
- NO SE PUEDE LEER Y ESCRIBIR EN LA MISMA CINTA DURANTE UN SOLO PASO DEL PROCESO — SU ACTUALIZACIÓN REQUIERE LA CREACIÓN DE UNA NUEVA CINTA

ARCHIVOS EN DISCO MAGNETICO



CADA PISTA ESTÁ ALINEADA VERTICALMENTE CON LAS PISTAS DEL MISMO NÚMERO EN LOS OTROS DISCOS. CADA JUEGO DE PISTAS ALINEADAS VERTICALMENTE E IGUALMENTE NUMERADAS SE LLAMAN UN CILINDRO. ..



POR EJEMPLO, LAS PISTAS EN LA SUPERFICIE DE ESTE DISCO EN PARTICULAR ESTÁN NUMERADAS DEL 0 AL 404. POR LO TANTO, LOS CILINDROS TAMBIÉN ESTÁN NUMERADOS DEL 0 AL 404.

LA MECANICA DEL PROCESAMIENTO DEL DISCO

LOS MÉTODOS MÁS COMUNES DE ORGANIZACIÓN DE ARCHIVOS :

- SECUENCIAL
- SECUENCIAL CON ÍNDICE
- DIRECTO

LOS ARCHIVOS SECUENCIALES PUEDEN CLASIFICARSE Y ALMACENARSE MEDIANTE UN CAMPO DE CONTROL O UNA LLAVE. SE PUEDEN ORGANIZAR EN ORDEN ASCENDENTE O DESCENDENTE.

SECUENCIAL CON ÍNDICE

EL ÍNDICE DE UN LIBRO HACE REFERENCIA A UNA PÁGINA DEL TEXTO EN DONDE SE EXPONE UN TEMA.

EL ÍNDICE DE UN ARCHIVO ES OTRO ARCHIVO EN DISCO QUE CONTIENE LAS LLAVES DE LOS REGISTROS Y SU DIRECCIÓN DE PISTA CORRESPONDIENTE.

UN ARCHIVO SECUENCIAL CON ÍNDICE CONTIENE TRES SUBDIVISIONES :

- 1.- AREA PRIMARIA DE DATOS
- 2.- AREA DE CAPACIDAD EXCEDIDA
- 3.- ÍNDICE

EJEMPLO DE UN ARCHIVO SECUENCIAL CON INDICE

PARTE 1.

CARGAR 10 REGISTROS CON LAS SIGUIENTES LLAVES DENTRO DE ARCHIVO SECUENCIAL CON ÍNDICE, ACOMODANDO DOS REGISTROS POR BLOQUE :

1.
75
82
90
96
105
206
313
492
696

DATOS		DATOS	
REGISTRO 1	APUN- TADOR	REGISTRO 75	APUN- TADOR

BLOQUE 1

EJEMPLO DE UN ARCHIVO SECUENCIAL CON INDICE (CONTINUACION)

DESPUÉS DE CARGAR EL ARCHIVO

INDICE LLAVES

BLK 1	75
BLK 2	90
BLK 3	105
BLK 4	213
BLK 5	696

BLOQUES DE LOS DATOS PRIMARIOS

1	75	PTR	75	PTR
2	90	PTR	90	PTR
3	105	PTR	105	PTR
4	213	PTR	213	PTR
5	696	PTR	696	PTR

DATOS DATOS

(NOTA: PTR = APUNTAADOR)

PARTE 2

AGREGAR EL REGISTRO 86

DATOS PRIMARIOS

BL	B2	PTR	90	PTR
----	----	-----	----	-----

AREA DE CAPACIDAD EXCEDIDA

BL	86	PTR	EMPTY	PTR
----	----	-----	-------	-----

ARCHIVO SECUENCIAL CON ÍNDICE

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

UN ARCHIVO SECUENCIAL CON ÍNDICE SE PUEDE ACCESAR DE MANERA SECUENCIAL O AL AZAR. LOS ÍNDICES Y LOS APUNTA-
DORES SE USAN PARA AMBOS MÉTODOS DE ACCESO.

ALGUNAS VENTAJAS DE LOS ARCHIVOS SECUENCIALES CON ÍNDICE SON :

- UN PROCESAMIENTO SECUENCIAL EFICIENTE
- LOS REGISTROS SE PUEDEN AGREGAR A UN ARCHIVO EN SECUENCIA LÓGICA.
- UN ARCHIVO PUEDE ACCESARSE DE MANERA SECUENCIAL O AL AZAR.

ALGUNAS DESVENTAJAS :

- SE REQUIERE MÁS ESPACIO DE DISCO QUE PARA ARCHIVOS NETAMENTE SECUENCIALES (LAS ÁREAS DEL ÍNDICE Y DE CAPACIDAD EXCEDIDA SIEMPRE FORMAN PARTE DE LOS ARCHIVOS)
- ACCESOS MÚLTIPLES SE REQUIEREN PARA LOCALIZAR UN REGISTRO SI EL ACCESO ES AL AZAR (LOS ÍNDICES SE EXAMINAN PARA LOCALIZAR EL BLOQUE APROPIADO)

ARCHIVOS DE ACCESO DIRECTO

DIRECTO — LA DIRECCIÓN DEL REGISTRO SE CREA HACIENDO UN CÁLCULO ARTMÉTICO CON LA LLAVE.

POR EJEMPLO, SUPONGAMOS QUE TENEMOS UN ARCHIVO QUE CONSISTA DE LOS REGISTROS CUYAS LLAVES SON 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. UNA POSIBLE MANERA DE CREAR LAS DIRECCIONES DE ESTOS REGISTROS PODRÍA SER MULTIPLICÁNDOSLOS POR 2 Y UTILIZANDO EL ÚLTIMO DÍGITO COMO SU DIRECCIÓN.



- LAS DIRECCIONES DUPLICADAS QUE SE GENEREN DEBERÁN MANEJARSE POR MEDIO DE LA RUTINA DE CÁLCULO
- LA RUTINA DE CÁLCULO SE REQUIERE PARA ACCESAR LOS REGISTROS

VENTAJAS DEL PROCESAMIENTO DEL DISCO

- LOS REGISTROS PUEDEN SER DE CUALQUIER LONGITUD
- SE PUEDE ALMACENAR UN GRAN VOLUMEN DE DATOS
- EL PROCESAMIENTO PUEDE SER AL AZAR O EN SECUENCIA
- SE PUEDE LEER Y ESCRIBIR EN UN DISCO EN UN SOLO PASO DEL PROCESO
- RÁPIDO ACCESO A UN DATO ESPECÍFICO

DESVENTAJAS DEL PROCESAMIENTO DEL DISCO

- MÁS COSTOSO
- SE REQUIERE UN SOFTWARE Y UN ESFUERZO DE PROGRAMACIÓN MÁS COMPLEJO

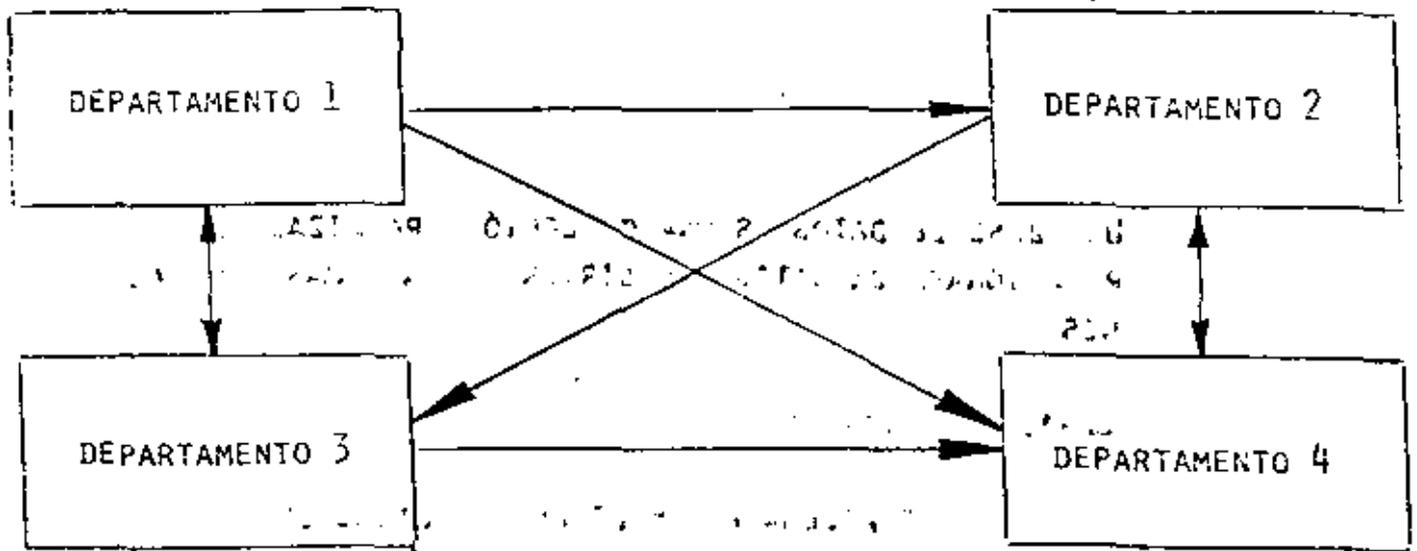
ORGANIZACION DE BASE DE DATOS

UNA BASE DE DATOS ES UNA COLECCIÓN ORGANIZADA E INTER-RELACIONADA DE DATOS QUE SIRVEN A UNA O MÁS APLICACIONES.

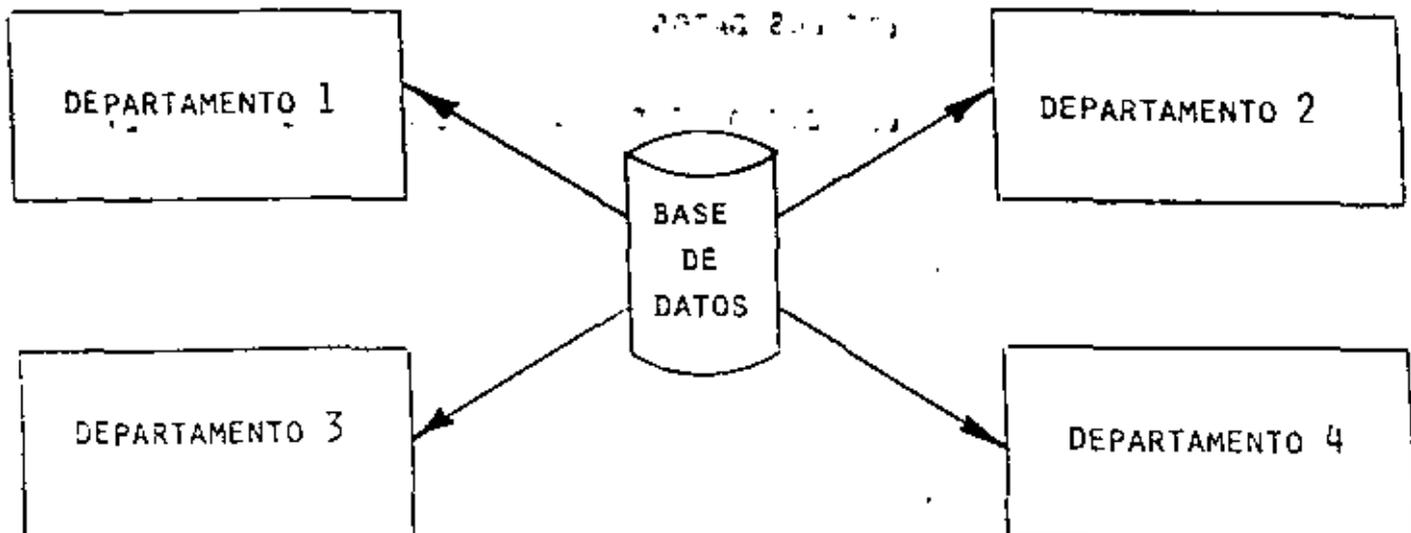
CARACTERÍSTICAS :

- SE ACCESA POR MÚLTIPLES APLICACIONES CONCURRENTEMENTE
- MÍNIMA REDUNDANCIA DE DATOS
- MODELA LAS RELACIONES REALMENTE EXISTENTES ENTRE LOS DATOS
- CAPACIDAD DE TENER UN LENGUAJE DE CONSULTA

FLUJO DE LAS COMUNICACIONES SIN UNA BASE DE DATOS



FLUJO DE LAS COMUNICACIONES CON UNA BASE DE DATOS



LIMITACIONES DE LOS ARCHIVOS CONVENCIONALES

- EL NÚMERO Y EL TAMAÑO DE LOS ARCHIVOS TIENDEN A AUMENTAR CON EL TIEMPO Y LAS APLICACIONES
- EL CONTENIDO DE LOS ARCHIVOS LLEGA A SER AMBIGUO Y DUPLICADO
- EL PROCESAMIENTO DEL ARCHIVO FUERA DE LA ORGANIZACIÓN CORPORATIVA LLEGA A SER DIFÍCIL Y A TOMAR MUCHO TIEMPO
- LAS RELACIONES DE LOS DATOS SE CONSERVAN MUY APARTE DE LOS DATOS.

SOFTWARE DEL PROVEEDOR Y DEL USUARIO

SOFTWARE DEL PROVEEDOR — PROGRAMAS PREPARADOS POR EL PROVEEDOR DEL COMPUTADOR PARA SIMPLIFICAR LA PROGRAMACIÓN Y LAS OPERACIONES DE LOS COMPUTADORES.

SOFTWARE DEL USUARIO — PROGRAMAS PREPARADOS POR EL GRUPO DE PROGRAMADORES DE UNA EMPRESA PARA RESOLVER SUS NECESIDADES ESPECÍFICAS DE PROCESAMIENTO. SE DISEÑAN POR UN ANALISTA DE SISTEMAS Y SE ESCRIBEN POR UN PROGRAMADOR.

PROGRAMA — LAS INSTRUCCIONES QUE INDICAN EXACTAMENTE CÓMO TOMAR LA INFORMACIÓN DE ENTRADA AL COMPUTADOR, CÓMO PROCESAR ESA INFORMACIÓN EFECTUANDO LAS OPERACIONES REQUERIDAS Y CÓMO LOGRAR LOS RESULTADOS DESEADOS A LA SALIDA.

SISTEMA OPERATIVO

- UN PROGRAMA MAYOR DE SOFTWARE
- CONSISTE EN UN GRUPO DE PROGRAMAS QUE SE UTILIZAN PARA DIRIGIR Y CONTROLAR EL COMPUTADOR
- CONTRALOR/COORDINADOR MAESTRO DEL AMBIENTE DE PROCESAMIENTO
- ELABORADO POR EL FABRICANTE DEL COMPUTADOR

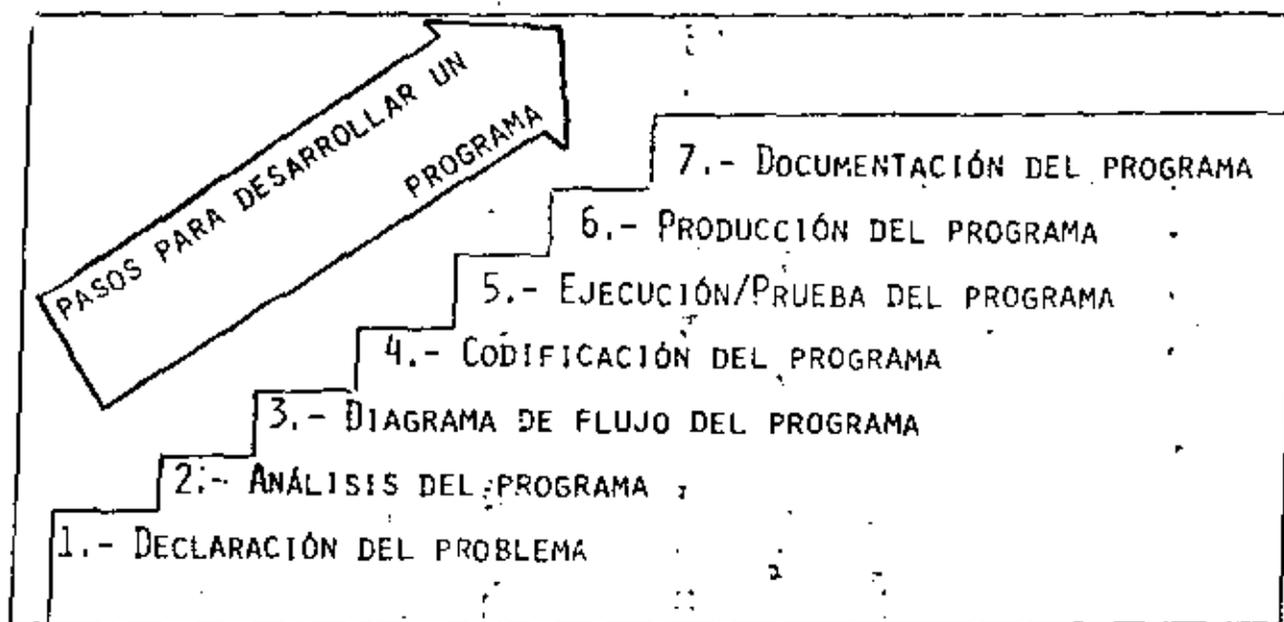
¿ POR QUE ES TAN IMPORTANTE EL SISTEMA OPERATIVO ?

- PERMITE QUE MÚLTIPLES PROGRAMAS CORRAN CONCURRENTEMENTE
- CONTROLA LA ASIGNACIÓN DE DATOS AL ALMACENAMIENTO PRINCIPAL Y AUXILIAR
- LLEVA EL PLAN DE EJECUCIÓN PARA LOS PROGRAMAS
- CONTROLA EL TIEMPO DE PROCESAMIENTO
- ASIGNA PRIORIDADES A LOS PROGRAMAS
- CONTROLA LOS DISPOSITIVOS DE ENTRADA Y SALIDA

SOFTWARE ADICIONAL DEL PROVEEDOR

- COMPILADORES
- ENSAMBLADORES
- RUTINAS PARA CLASIFICAR DATOS
- RUTINAS PARA COPIAR ARCHIVOS DE UN MEDIO A OTRO
- EDITORES DE TEXTO
- AYUDAS PARA EL DESARROLLO DE PROGRAMA
- SOFTWARE DE APLICACIONES ESPECIALIZADAS

LOS SIETE PASOS DEL DESARROLLO DE UN PROGRAMA



PASO 1 DECLARACION DEL PROBLEMA

EL PRIMER PASO PARA RESOLVER CUALQUIER PROBLEMA ES EL DE EXPONER EL PROBLEMA CLARAMENTE. LA DECLARACION DEL PROGRAMA ES UNA DESCRIPCION DESCRIPTIVA Y COMPLETA DEL PROBLEMA.

EJEMPLO DE RELACION DE PROBLEMA :

CALCULAR A PARTIR DE LAS TARJETAS DE TIEMPO, LAS CUALES PROPORCIONAN EL NUMERO DE HORAS TRABAJADAS Y LAS TARIFAS, EL SUELDO BRUTO DE CADA EMPLEADO E IMPRIMIR LOS RESULTADOS.

PASO 2 . ANALISIS DEL PROBLEMA

EL PROBLEMA SE ANALIZA PARA DETERMINAR LAS OPERACIONES NECESARIAS PARA SU SOLUCIÓN. EL ANÁLISIS DEL PROBLEMA ES UN BOSQUEJO DE LA ENTRADA, PROCESAMIENTO Y SALIDA NECESARIOS PARA RESOLVER EL PROBLEMA.

EJEMPLO DEL ANALISIS DEL PROBLEMA

ENTRADA : TARJETAS DE TIEMPO DE CADA EMPLEADO, LAS CUALES CONTIENEN LAS HORAS TRABAJADAS Y SU TARIFA DE PAGO.

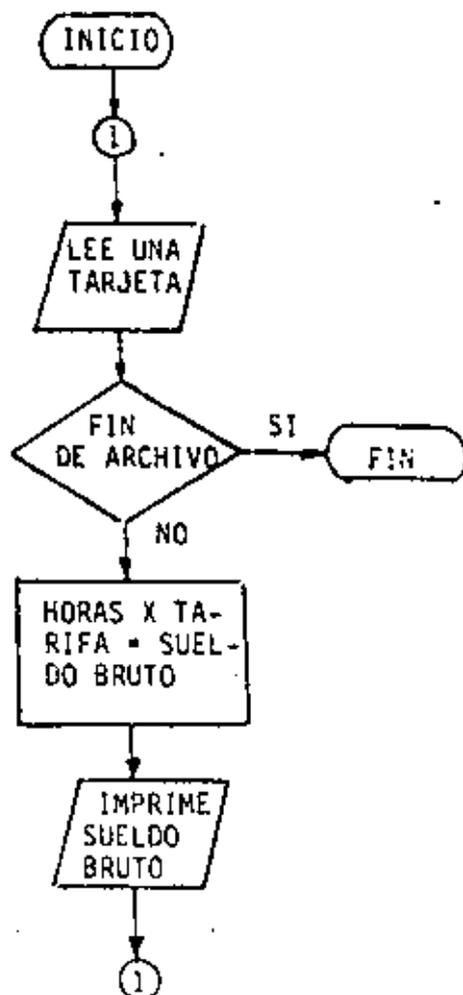
PROCESAMIENTO : $SUELDO\ BRUTO = HORAS\ TRABAJADAS \times TARIFA$

SALIDA : LISTADO IMPRESO DEL SUELDO BRUTO

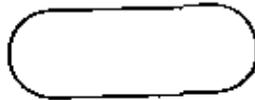
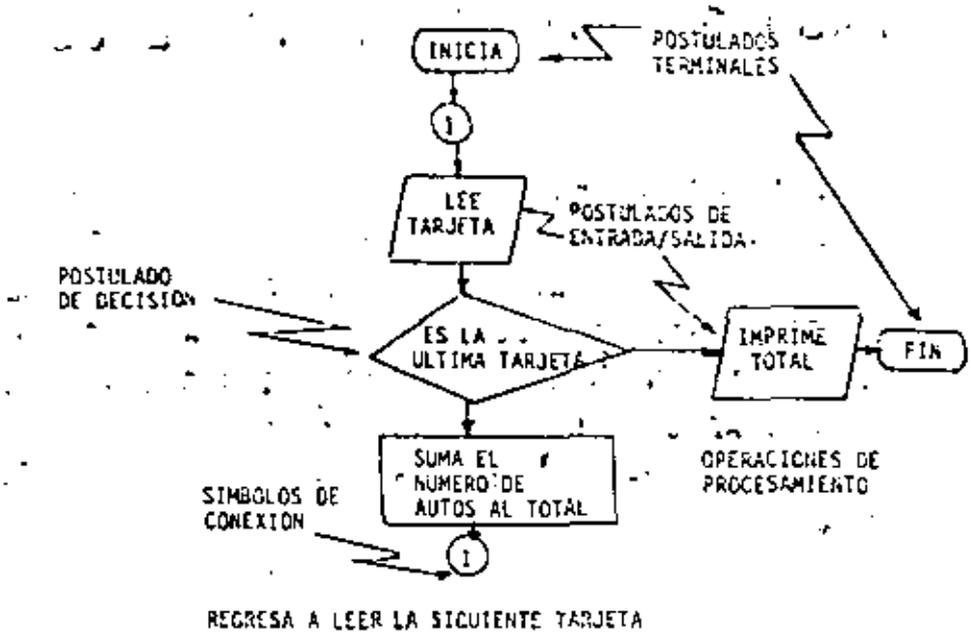
PASO 3 . DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA

EL DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA ES UN DIAGRAMA DE LA SECUENCIA DE OPERACIONES A EFECTUARSE POR EL COMPUTADOR. EN OTRAS PALABRAS, ES UN PLAN DE CÓMO OBTENER DE LA ENTRADA -HASTA LA SALIDA DESEADA . EL DIAGRAMA DE FLUJO DIVIDE ESTE PLAN EN UN GRUPO DE OPERACIONES CLARAMENTE DEFINIDAS Y COLOCADAS EN LA SECUENCIA ADECUADA. EL DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA TAMBIÉN SE CONOCE COMO LA LÓGICA DEL PROGRAMA.

EJEMPLO DE UN DIAGRAMA DE FLUJO



SÍMBOLOS ESTANDAR PARA DIAGRAMAS DE FLUJO



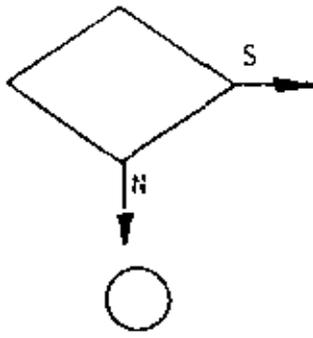
Los postulados terminales identifican el inicio y el fin de un programa.



Postulados de Entrada/Salida identifican la manera en que el computador aceptará la entrada y entregará la salida.



El procesamiento representa los postulados aritméticos y los postulados de movimiento de datos y de almacenamiento.



Los postulados de decisión tienen más de un posible resultado. Estas posibilidades se muestran por las flechas de salida que dejan el símbolo.

Los símbolos de conexión se utilizan para conveniencia del dibujante del diagrama de flujo.

DESARROLLO DEL PROGRAMA - PASO 4

CODIFICACION DEL PROGRAMA

EL PROGRAMA ES UNA SECUENCIA OPERACIONAL DE INSTRUCCIONES QUE SIGUE EL PLAN ESTABLECIDO EN EL DIAGRAMA DE FLUJO.

EL SEGMENTO DEL SIGUIENTE PROGRAMA ESTÁ EN UN LENGUAJE EN-SAMBLADOR.

BGN	START	O	1	Inicio del trabajo
GO	GET	CARD	2	Leer una tarjeta
	CP	FLAG, = C'9999'	3	Comparar
	BE	EOF	4	Saltar si es igual (condicion
	AP	NUMCR,AMOUNT	5	Sumar decimal
	B	GO	6	Saltar (incondicional)
EOF	PUT	LINE	7	Imprimir
	EOJ		8	Fin del trabajo
	END	BGN	9	Fin del programa

LENGUAJES DE PROGRAMACION

ENSAMBLADOR

- DEPENDIENTE DEL HARDWARE
- LENGUAJE MNEMÓNICO
- TRADUCCIÓN DE CADA ARTÍCULO
- DISEÑADO PARA PERMITIR QUE EL PROGRAMADOR APROVECHE LAS CARACTERÍSTICAS DEL HARDWARE

COBOL (COMMON BUSINESS-ORIENTED LANGUAGE)

- INDEPENDIENTE DEL HARDWARE
- DISEÑADO PARA APLICACIONES COMERCIALES
- LENGUAJE ORIENTADO AL INGLÉS

FORTRAN (FORMULA TRANSLATION)

- INDEPENDIENTE DEL HARDWARE
- APLICACIONES CIENTÍFICAS
- DISEÑADO PARA SIMPLIFICAR LA SOLUCIÓN DE ECUACIONES MATEMÁTICAS

RPG (REPORT PROGRAM GENERATOR)

- INDEPENDIENTE DEL HARDWARE
- DISEÑADO PARA SIMPLIFICAR LA PREPARACIÓN DE REPORTES

PL/1 (LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN, VERSIÓN 1)

- DISEÑADO PARA APLICACIONES COMERCIALES Y CIENTÍFICAS

BASIC (BEGINNERS ALL-PURPOSE SYMBOLIC INSTRUCTION CODE)

- DISEÑADO PARA FACILITAR LA PREPARACIÓN DE PROGRAMAS RELATIVAMENTE SENCILLOS
- UN TIPO DE LENGUAJE PARA NO-PROGRAMADORES

EJEMPLO DE SOLUCION EN LENGUAJE COBOL

BEGIN.

OPEN INPUT INFILE OUTPUT OUTFILE

READ-LOOP

READ INFILE AT END GO TO TERM.

ADD CAR-COUNT TO CAR-TOTAL

GO TO READ-LOOP

TERM

MOVE CAR-TOTAL TO TOTAL-OUT

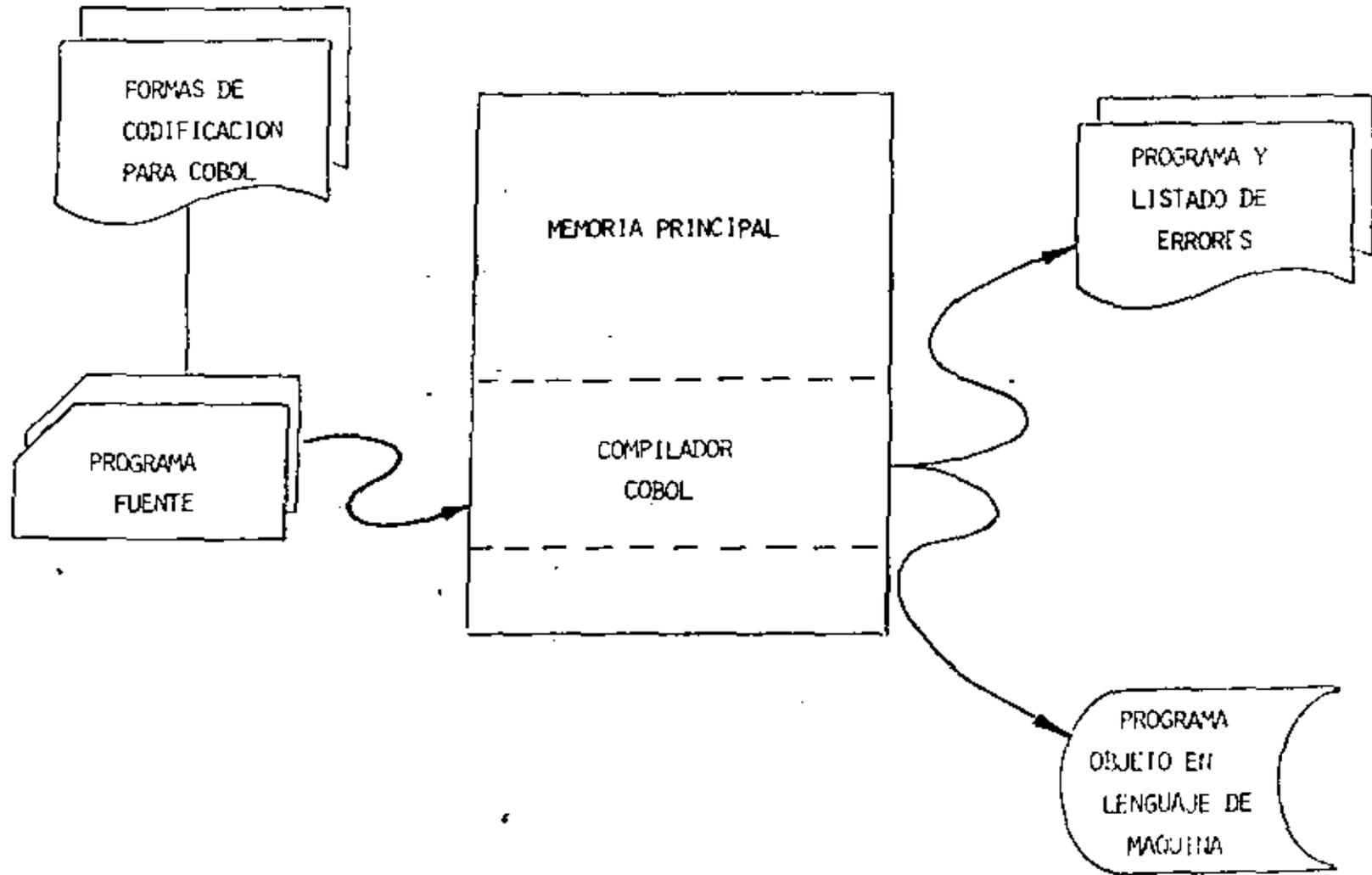
WRITE PRINTREC FROM PRINTBUF AFTER

ADVANCING PAGE

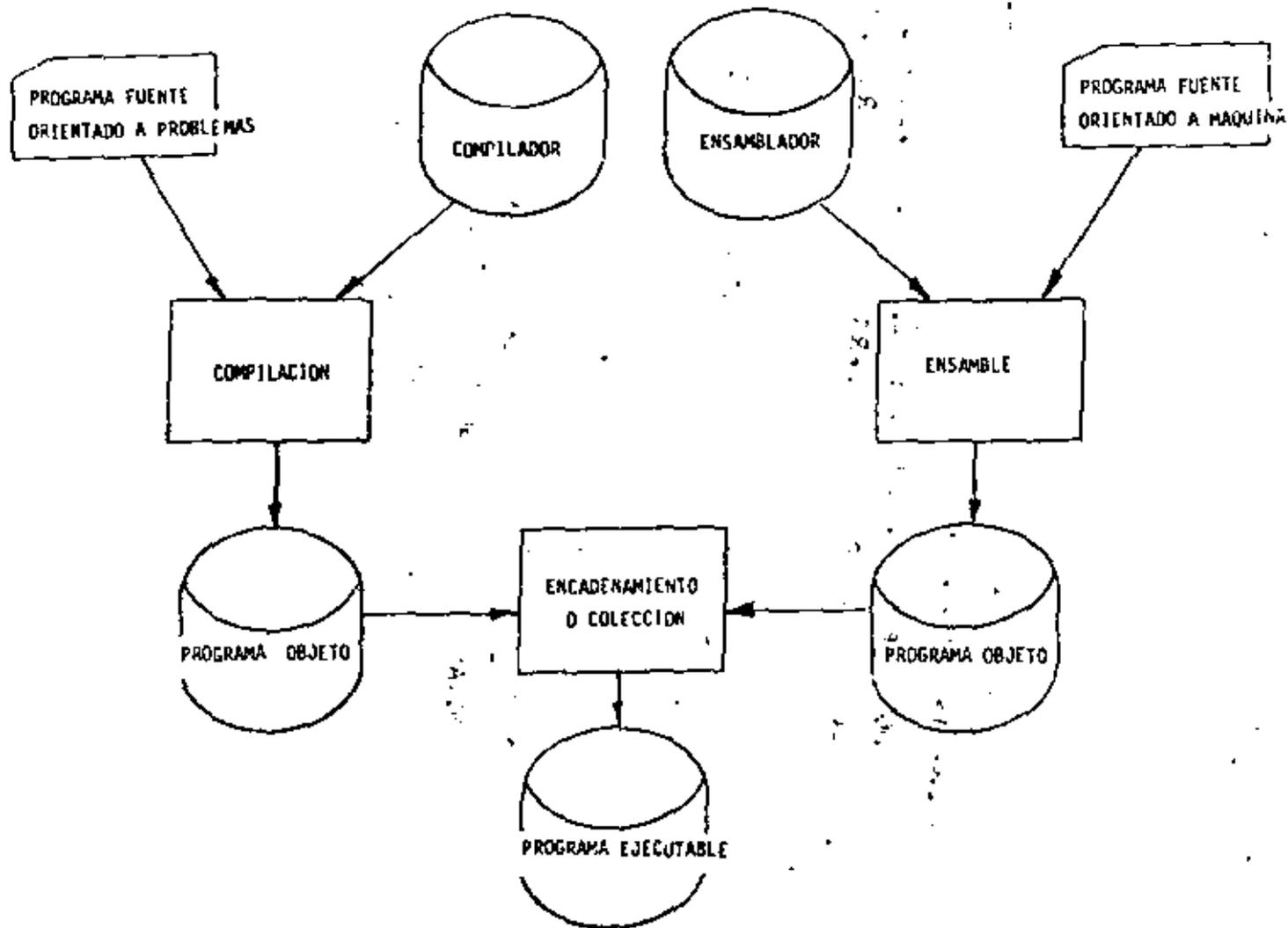
CLOSE INFILE OUTFILE

STOP RUN

TRADUCCION DEL LENGUAJE



FUNCIÓN DEL EDITOR DE ENCADENAMIENTO (LINKAGE EDITOR)



EL EDITOR DE ENCADENAMIENTO (O COLECTOR) ENCADENA RUTINAS DE SOFTWARE PREDEFINIDAS QUE SE REQUIEREN POR EL PROGRAMA OBJETO PARA MANEJAR LOS DISPOSITIVOS ESPECÍFICOS DE HARDWARE.

PASOS FINALES EN EL DESARROLLO DE PROGRAMAS

- 5.- EJECUCION DEL PROGRAMA/PRUEBA — EL PROGRAMA SE CORRE CON LOS DATOS PARA PROBAR LAS CONDICIONES QUE SERÁN MANEJADAS.
INCLUIDO EN ESTE PASO ESTÁ LA DEPURACION, EL PROCESO DE DETECTAR Y CORREGIR LOS ERRORES DE LOS PROGRAMAS
- 6.- PRODUCCION — CORRIDA REAL DEL PROGRAMA CON LOS DATOS DE LA EMPRESA.
- 7.- DOCUMENTACION DEL PROGRAMA — EXPLICACION DE LO QUE HACE EL PROGRAMA, CÓMO SE ESCRIBIÓ Y POR QUÉ.

LOS PROCEDIMIENTOS SON :

LOS ESTANDARES POR ESCRITO DEL CONTROL Y EL RENDI-
MIENTO PARA LAS VARIAS FUNCIONES DENTRO DEL DEPAR-
TAMENTO DE PROCESAMIENTO DE DATOS.

LOS PROCEDIMIENTOS EXISTEN PARA :

- OBTENER Y PREPARAR DATOS
- DISTRIBUIR LA SALIDA
- CONTROLAR LAS ACTIVIDADES EN CASO DE ERRORES EN LOS DATOS, PROBLEMAS CON EL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO, Y OTROS PROBLEMAS
- OPERAR EL COMPUTADOR
- CODIFICAR LOS PROGRAMAS
- DOCUMENTAR LOS PROGRAMAS
- SEGURIDAD

TECNICAS DE LA ADMINISTRACION DE LA SEGURIDAD

CONTROLES A NIVEL DE APLICACIONES

RESPALDO

CONTROL DEL ACCESO

ESTANDARES Y DOCUMENTACIÓN

CONTROLES PARA LA COMUNICACIÓN DE DATOS

APLICACIÓN DE CLAVES A LOS DATOS

SUPERVISIÓN DE LA UTILIZACIÓN

AUDITORÍA Y REVISIÓN DE LOS SISTEMAS

POLÍTICAS DE LA ADMINISTRACIÓN

SEGURO

CONTROLES A NIVEL DE APLICACIONES

ENTRADA

- DATOS FUENTE
- PREPARACIÓN DE LOS DATOS
- EDICIÓN Y VALIDACIÓN DE LOS DATOS

PROCESAMIENTO

- PREPARACIÓN
- CORRIDA
- PUNTOS DE REINICIO

SALIDA

- NÚMERO DE COPIAS
- TRANSPORTACIÓN FÍSICA
- ALMACENAMIENTO PARA LA SALIDA DESPUÉS DE UTILIZARLA
- RECONCILIACIÓN DE LA ENTRADA, LA SALIDA Y ERROR

RESPALDO

MAQUINARIA

PROCESOS

RESULTADOS

ARCHIVOS

ADMINISTRACION

PERSONAL

INDIVIDUOS EMPLEADOS EN UN DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO DE DATOS :

- ANALISTA DE SISTEMAS
- PROGRAMADOR
- OPERADOR DE COMPUTADORA
- PERFORISTA
- ESPECIALISTA EN CAPTURA DE DATOS

AMBIENTES DE PROCESAMIENTO

AMBIENTE DE TRABAJOS EN LOTE (BATCH)

- LOCAL
- REMOTO

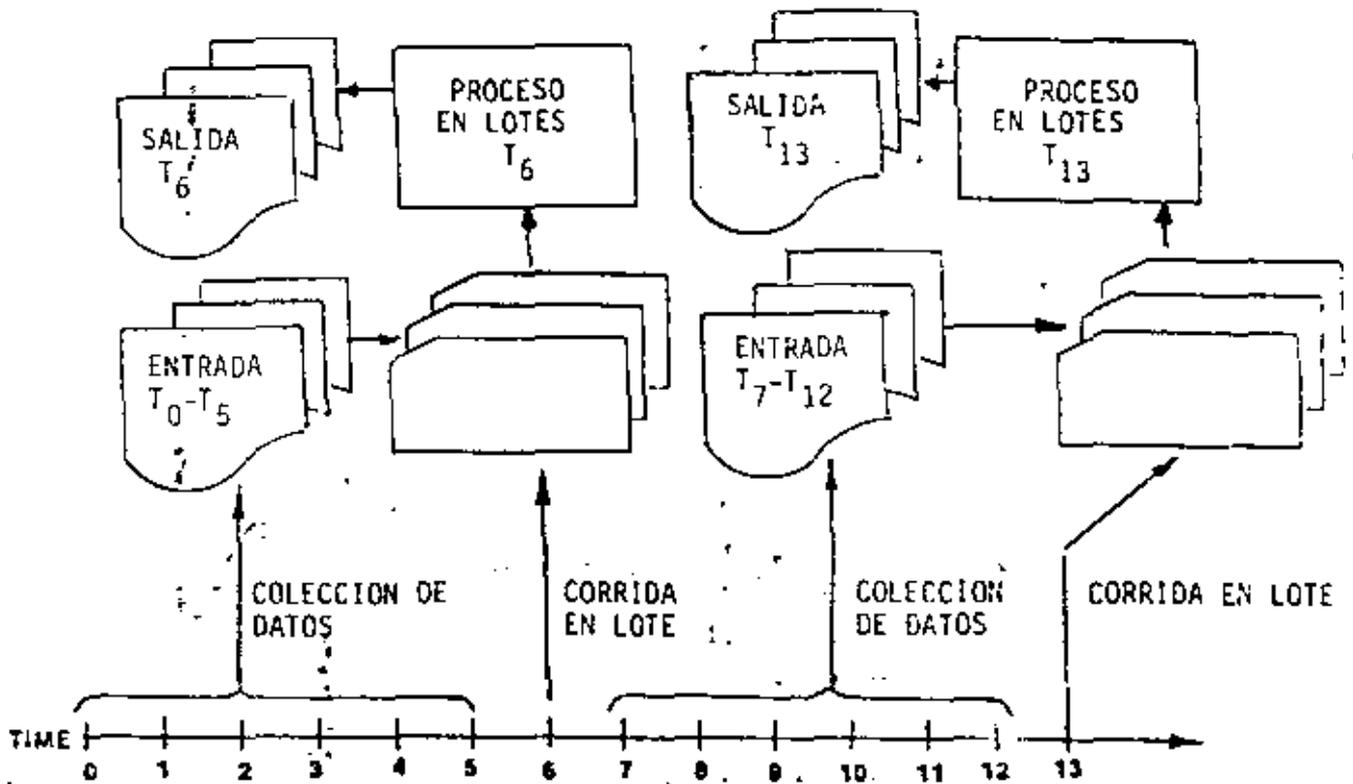
AMBIENTE DE TIEMPO REAL

- CONSULTA
- ACTUALIZACION DE ARCHIVOS
- CONMUTACION DE MENSAJES
- COLECCION DE DATOS

AMBIENTE DEMANDA TIEMPO/COMPARTIDO

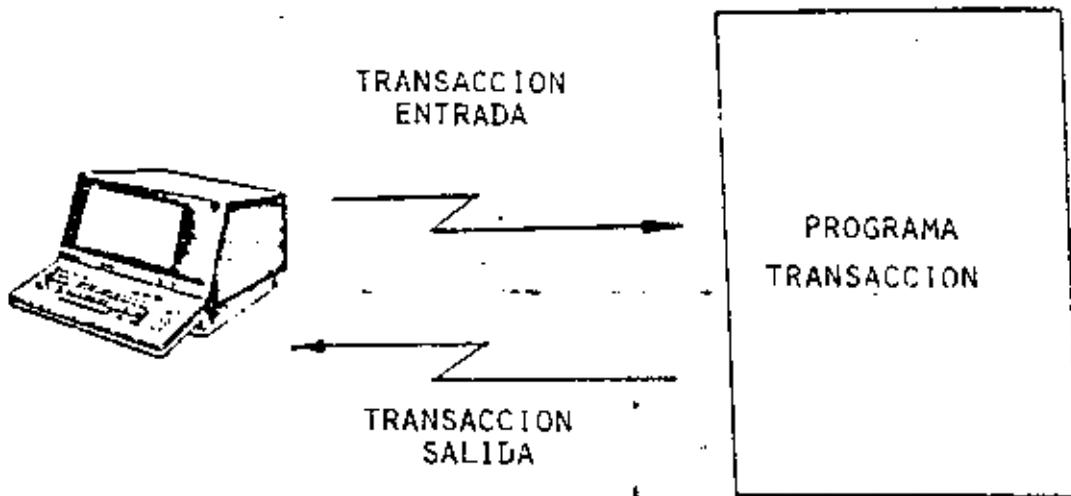
- DESARROLLO PROGRAMACION
- PRUEBA DE PROGRAMA
- MANTENIMIENTO DE ARCHIVOS

PROCESO EN LOTES (BATCH).



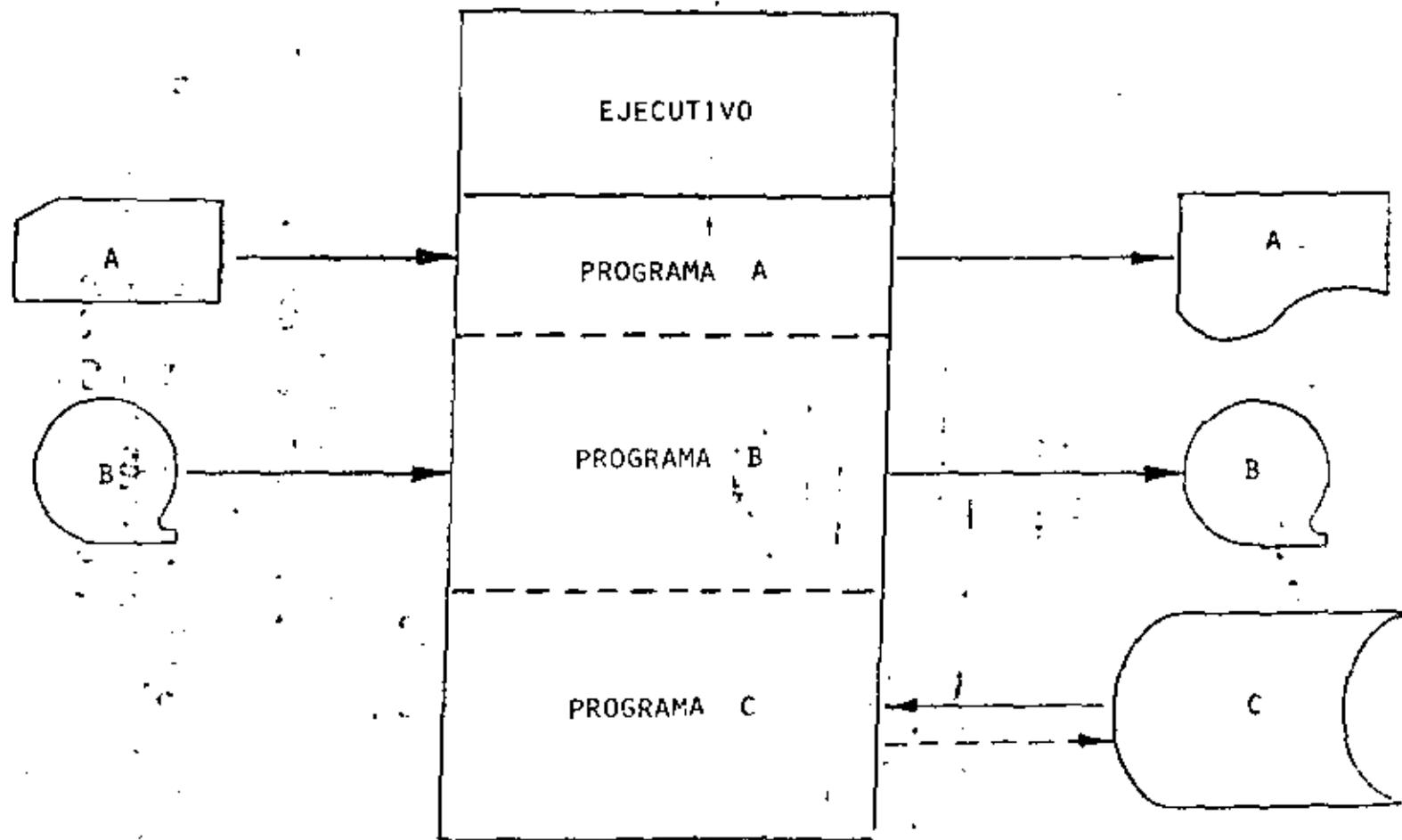
- SE REQUIERE LA COLECCIÓN DE DATOS
- EL USUARIO ESPERA SU SALIDA
- EL TIEMPO PROMEDIO (HORAS O DÍAS) ENTRE REUNIR DATOS Y PROCESARLOS (SALIDA) DEPENDIENDO DE LA ORGANIZACIÓN DEL CENTRO DE CÓMPUTO

PROCESO EN TIEMPO-REAL



- NO REUNIR DATOS
- TIEMPO DE RESPUESTA EN LA TERMINAL ENTRE TRANSACCIONES ENTRADA SALIDA ES \approx 1 A 5 SEGUNDOS (ALGUNAS VECES MÁS)
- PROCESO CONTROLADO POR EVENTOS (NECESIDAD DE INFORMACIÓN DEL USUARIO), NO POR LA ORGANIZACION DEL CENTRO DE CÓMPUTO
- DIÁLOGO DE HOMBRE - COMPUTADORA

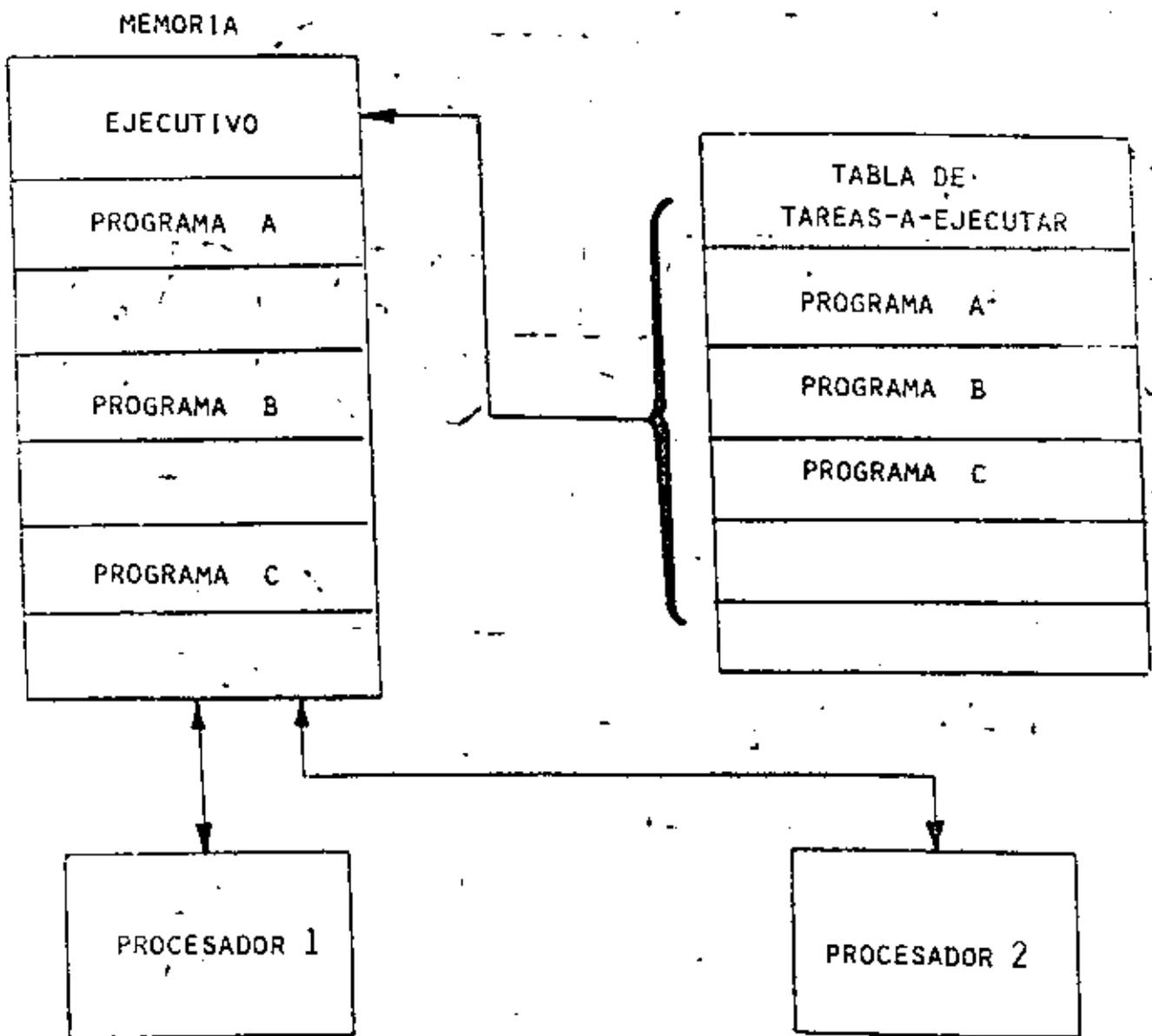
EJEMPLO DE MULTIPROGRAMACION



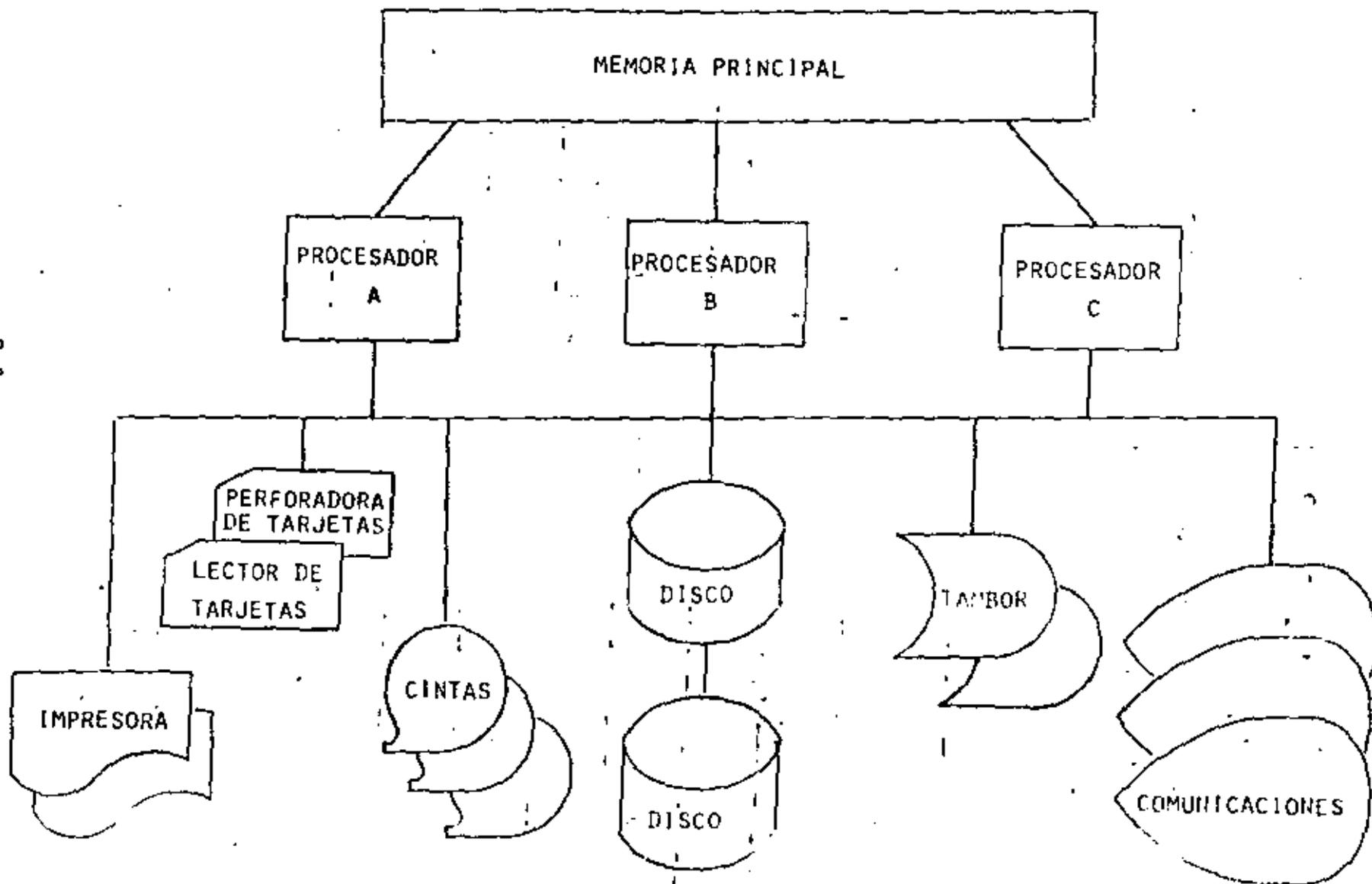
9-4

MULTIPROCESAMIENTO :

SIMULTANEA EJECUCIÓN DE DOS O MÁS PROGRAMAS O SECUENCIAS DE INSTRUCCIONES COMPARTIENDO LA ATENCIÓN DE DOS O MÁS PROCESADORES.



SISTEMA DE MULTIPROCESAMIENTO



COMUNICACION DE DATOS/ TELEPROCESO

- RELATIVAMENTE NUEVA ÁREA DE PROCESAMIENTO DE DATOS
- FACILITA EL FLUJO DE DATOS DENTRO Y FUERA DE UN CENTRO DE CÓMPUTO
- TERMINALES REMOTAS CONECTADAS A UN COMPUTADOR CENTRAL UTILIZANDO LÍNEAS TELEFÓNICAS PÚBLICAS O LÍNEAS PRIVADAS.

EL SISTEMA DE COMUNICACIONES REDUCE LA NECESIDAD DE :

- TENER UN GRUPO QUE CONTROLE LOS DATOS SUPERVISANDO LOS DATOS DE ENTRADA,
- TENER PERSONAL DE CAPTURÁ DE DATOS PARA CONVERTIR LOS DOCUMENTOS FUENTES A FORMA LEGIBLE PARA LA MÁQUINA.
- REGISTRAR LAS CORRIDAS DE COMPUTADORA
- MENSAJEROS PARA, FÍSICAMENTE TRANSPORTAR DATOS DE ENTRADA Y RESULTADOS DE SALIDA

... PROCESAMIENTO DISTRIBUIDO

TRES ÁREAS :

- APLICACIONES
- BASE DATOS
- COMUNICACIONES

PREGUNTA :

¿ QUÉ ES LO QUE SE DISTRIBUIRÁ A TRAVÉS DE LA RED ?

PREGUNTAS BASICAS A CONSIDERAR

- 1.- ¿ ES NECESARIO UN COMPUTADOR ?
- 2.- ¿ SERÍA MÁS ECONÓMICO USAR UNA COMPUTADORA MÁS GRANDE DE UNA COMPAÑÍA DE SERVICIO ?
- 3.- ¿ SERÍA MEJOR COMUNICARNOS A UN COMPUTADOR MÁS GRANDE DE LA MISMA EMPRESA EN OTRA CIUDAD Y COMUNICARSE POR LÍNEAS TELEFÓNICAS ?

CONSIDERACIONES

- 1.- ¿ VALEN LA PENA LOS AHORROS POSIBLES CON LA AUTOMATIZACIÓN DE LOS SISTEMAS ACTUALES ?
- 2.- ¿ QUÉ INFORMACIÓN ADICIONAL AYUDARÍA EN LAS OPERACIONES DE LA EMPRESA ?
- 3.- ¿ ESTA INFORMACIÓN ADICIONAL PUEDE ESTAR DISPONIBLE A TRAVÉS DE UNA REORGANIZACIÓN O DE UN CAMBIO EN EL PROCESAMIENTO DE LOS DATOS EXISTENTES ?
- 4.- ¿ LOS DATOS NECESARIOS PARA ESTA INFORMACIÓN PUEDEN OBTENERSE ?
- 5.- ¿ QUÉ TAN FRECUENTEMENTE SE NECESITA LA INFORMACIÓN ADICIONAL Y CUÁL ES EL TIEMPO ADECUADO ?

SELECCIONANDO UN ACERCAMIENTO EDP

- 1.- TIEMPO DE ENTREGA
- 2.- CONFIABILIDAD DEL EQUIPO
- 3.- EQUIPOS DE RESPALDO
- 4.- MÉTODOS DE SEGURIDAD
- 5.- FACILIDAD DE PROGRAMACIÓN
- 6.- PAQUETES DE APLICACIONES
- 7.- RUTINAS DE UTILERÍA
- 8.- SERVICIO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y MANTENIMIENTO
- 9.- ADECUADO PARA GRANDES PROBLEMAS
- 10.- CRECIMIENTO
- 11.- PREPARACIÓN DEL LOCAL DEL COMPUTADOR SENCILLO
- 12.- SENCILLEZ EN LA IMPLANTACIÓN
- 13.- SENCILLEZ EN LA OPERACIÓN
- 14.- FÁCIL ENTRENAMIENTO O CONTRATACIÓN DEL PERSONAL PED
- 15.- SENCILLEZ EN LA INTERACCIÓN HOMBRE / MÁQUINA
- 16.- COSTOS FIJOS
- 17.- COSTOS VARIABLES
- 18.- OTROS COSTOS
- 19.- COSTO TOTAL



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

DIRECCION DE PROYECTOR DE CAMINO CRITICO

ING. ODON DE BUEN LOZANO

JULIO, 1980

NOTICE TO THE PUBLIC

THE BOARD OF SUPERVISORS

OF THE COUNTY OF ALBANY, NEW YORK

DIRECCION DE PROYECTOS POR CAMINO CRITICO

1.- EL PROYECTO.

El proyecto puede definirse como el conjunto de antecedentes que permite estimar las ventajas y desventajas económicas que se derivan de asignar ciertos recursos de un país o de una empresa estatal o privada, para la producción de determinados bienes o servicios.

La palabra PROYECTO tenía en el pasado un sentido más reducido que el que se le da actualmente. Anteriormente considerábamos como proyecto a un conjunto de diseños únicamente. La influencia de la literatura de habla inglesa que se relaciona con el tema, ha ampliado el significado de la palabra y su sentido actual que sin duda ya ha tomado carta permanente de naturaleza, es el de diseño y desarrollo conjuntos.

Nosotrs, aquí, usaremos la palabra Proyecto en su acepción extensa.

Un proyecto está formado por una serie de actividades que se van a ejecutar o se están ejecutando en forma coordinada. La ejecución de las actividades determina la realización escalonada de ciertos eventos.

Los proyectos pueden ser cíclicos, como el de la fabricación en serie de un producto industrial o no cíclicos como la construcción de una nueva fábrica. Los sistemas de dirección de proyectos que vamos a estudiar se aplican básicamente a los proyectos no cíclicos, existiendo otros sistemas más adecuados para controlar los procesos cíclicos.

Algunos de los riesgos y contingencias a que se enfrenta todo proyecto son asegurables; pero no lo son los que derivan de errores de estimación en los varios aspectos que

comprende el estudio del proyecto y que pueden ser de tal cuantía que conduzcan al fracaso.

Indudablemente que al enfrentarse al desarrollo de un proyecto no solo se requiere contar con la decisión para afrontar el riesgo a secas, sino también con un análisis racional de las posibilidades de éxito, basado en los mejores antecedentes y elementos de juicio disponibles.

Un proyecto es normalmente el producto del trabajo conjunto interdisciplinario de profesionales y especialistas de muy diversas ramas. La metodología que aquí vamos a estudiar es especialmente adecuada para lograr la coordinación de los esfuerzos de todos los participantes en un proyecto, con el objeto de alcanzar en forma adecuada las metas comunes.

La planeación de cualquier proyecto, en sus diversas etapas de desarrollo requiere un proceso de aproximaciones sucesivas. Durante el avance del mismo es necesario llevar a cabo un trabajo permanente de planeación y programación que conduzca en todo momento al camino mejor para el éxito del proyecto. Este proceso tiene lugar, en particular, cuando se hacen las revisiones periódicas de la Ruta Crítica, para su actualización.

Como se verá más adelante, el Método del Camino Crítico puede aplicarse a trabajos muy simples o a proyectos sumamente complejos, como son los de instalación, por ejemplo, de un nuevo proyecto industrial, en cuyo caso el procedimiento se puede aplicar, en forma general a la totalidad del proyecto, en sus etapas de: estudio del mercado, tamaño y localización de las instalaciones, ingeniería, inversiones, presupuestos y ordenación de datos para la evaluación, financiamiento y organización, hasta la entrega de los productos al último consumidor.

En el caso anterior el método se aplica a diferentes niveles y requiere la aplicación de un correcto criterio de escala para su utilización, decidiendo cuál es el nivel de detalle más adecuado en cada caso. El éxito de la aplicación del método estriba fundamentalmente en la buena selección por parte de los responsables del trabajo de planeación y programación, de dicho nivel de detalle, ya que un detalle excesivo lo convierte en engorroso y poco manejable y una falta de detalle lo hace inútil.

Por otra parte, desde el punto de vista de la aplicación del Método de Ruta Crítica un proyecto es cualquier tarea que tiene un principio y un fin definibles y que requiere el empleo de uno o de más recursos en cada una de las actividades separadas, pero interrelacionadas e interdependientes, que deben ejecutarse para alcanzar los objetivos para los cuales el proyecto fué instituído. (Definición de R.L. Martino)

Un Proyecto tiene los tres elementos siguientes:

- 1) OPERACIONES.- Que son las cosas que hacemos.
- 2) RECURSOS.- Que son los medios de que nos valemos para realizar las operaciones.
- 3) CONDICIONES O RESTRICCIONES.- Que son los factores que limitan y condicionan nuestro proyecto.

Si ponemos el ejemplo del montaje de una planta termoeléctrica para la generación de energía eléctrica, las operaciones son, por ejemplo, : los trabajos de perforación de pozos para agua, la construcción de cimentaciones para la caldera, el montaje de los tanques de combustible, etc.

Los recursos son básicamente: Personal, Entrenamiento, Dinero, Créditos, Materiales, Herramienta y Tiempo.

Las Condiciones o Restricciones son generalmente de aspecto externo al proyecto en sí, pero generalmente influyen en forma determinante en el éxito del proyecto; como son: la fecha fija de terminación de una obra, la entrega de diseños y planos, materiales y maquinaria; las limitaciones de capital o crédito; las aprobaciones, inspecciones y recepciones de los trabajos parcial o totalmente terminados, etc.

2. LA PLANEACION:

La planeación tiene por objeto la previsión del futuro, con el objeto de adecuar nuestra presente y futura actividad, para hacer posible el alcance de determinadas metas especificadas, en un tiempo establecido. Incluye la estimación de los recursos generales necesarios para alcanzar dichas metas.

La planeación la podemos dividir en: Estratégica y Táctica. En la planeación estatégica se toman decisiones que tienen efectos más permanentes y que son más difíciles de cambiar y tienen repercusiones a plazos más largos; la planeación táctica por otra parte, se realiza para acciones a más corto plazo y más fácilmente cambiables. Ambos tipos de planeación son necesarias y se complementan.

En términos generales se acostumbra dividir a la planeación en tres rangos: A corto, mediano y largo plazo. La duración de cada uno de estos rangos es variable con la rama de actividad en la que se realiza la planeación y del dinamismo con que dicha rama se desarrolle.

De acuerdo con el Dr. Russel L. Ackoff la planeación la podemos dividir en tres tipos fundamentales:

La planeación resolutoria: Que busca una solución resuelva el problema planteado, aunque no sea la mejor solución posible.

La planeación optimizada: Que busca no solamente resolver un problema sino encontrar la mejor solución posible.

La planeación adaptativa: Que adapta al sistema para resolver mejor el problema, considerando en el término sistema, tanto al organismo que tiene un problema que resolver como el medio que rodea a dicho organismo.

3. EL METODO DEL CAMINO CRITICO.

El método del Camino Crítico consiste fundamentalmente de lo siguiente:

- 1) Es una herramienta de la administración para definir y coordinar las actividades que deben ser realizadas para cumplir con éxito y a tiempo, los objetivos de un proyecto.
- 2) Una técnica que ayuda en la toma de decisiones pero no toma las decisiones por sí misma.
- 3) Una técnica que nos proporciona una información estadística que nos permite conocer qué incertidumbre existe con respecto a la terminación oportuna de las actividades de un proyecto.
- 4) Un método que permite al director de un proyecto dirigir su atención hacia:
 - a) Los problemas latentes que requieren y/o soluciones.
 - b) Los procedimientos y ajustes, en lo que se refiere al tiempo, los recursos, o el mejoramiento de la eficiencia, que permitan mejorar la capacidad que se tiene para cumplir con los objetivos propuestos.

Desde el punto de vista de este método, también denominado normalmente como de Ruta Crítica, la planeación es la primera etapa del proceso y consiste en la determinación de las necesidades de recursos del proyecto y su orden necesario de aplicación, en las diversas actividades que deben realizarse para lograr los objetivos del proyecto.

Por ejemplo, si el proyecto consiste de la instalación de una estructura metálica, el trabajo de planeación consistirá en el análisis paso a paso, de la forma en que se va a realizar el montaje, estableciendo los sistemas de trabajo que se utilizarán en cada etapa del mismo, y seleccionando el equipo de maniobra más adecuado en cada caso y la clase de personal que será necesario en cada etapa, decidiendo en qué momento se utilizarán varios turnos o se pagará tiempo extra.

4. LA PROGRAMACION.

Con los factores ya establecidos en la Planeación se procederá a realizar el programa detallado de cada una de las actividades que se van a realizar, que quedarán finalmente establecidas con fechas de calendario claramente determinadas. Esta es la Programación.

Es importante tener en cuenta al realizar los dos procesos anteriores que una obra puede terminarse en tiempos muy disímiles dependiendo de la forma y la cantidad en que se utilicen los recursos disponibles. Al hacer un programa para realizar un Proyecto el objetivo fundamental que se persigue es el de terminarlo con la mejor CALIDAD y con el menor TIEMPO y COSTO posibles.

Revisión Periódica de la Planeación y Programación

Nunca debe olvidarse que los proyectos son diná-

micos y que cualquier sistema de planeación y programación de los mismos tiene que serlo también. Muchas personas creen que todo termina con la preparación de un buen programa, que se pasa al personal técnico y administrativo para su ejecución. Esto es un gran error. Desde luego es mejor hacer un buen programa una sola vez que no hacer ninguno y avanzar en la obra a base de improvisación e intuición, pero esto no es suficiente.

La periodicidad de revisión de los programas detallados del Proyecto dependen básicamente del tipo de éste y de las restricciones internas y externas del mismo y en forma muy especial de la variabilidad con el tiempo de dichas restricciones y de la incertidumbre de su ocurrencia.

Haciendo un resumen muy conciso de los diferentes métodos utilizados para el control de proyectos, podemos clasificarlos esquemáticamente de la siguiente manera:

- 1) Experiencia, Intuición, Memoria.
- 2) Diagramas de Barras.
- 3) Diagramas de Flechas, Ruta Crítica.
- 4) Combinación de Diagramas de Flechas y Estadística.
- 5) Planeación Conjunta de Diseños, Entregas de materiales y equipo y Construcciones.
- 6) Aplicación de Ingeniería de Sistemas.

Todos estos caminos llevan a un solo resultado: PREVISION y CONTROL, tenerlos nos permiten conocer en cualquier proyecto y en cualquier momento, lo siguiente:

- a) Qué es lo que hay que hacer.
- b) Cuándo va a realizarse y cuánto se va a tardar en hacerlo.
- c) Qué ha sido ya hecho.

- d) Qué se está haciendo.
- e) Qué falta por hacer.
- f) Cuál es el costo de lo realizado hasta la fecha y cuánto se estima que costará ejecutar lo que falta por hacer.

Para lograr estos controles que son totalmente indispensables para el buen control de los proyectos, el empleo de computadoras electrónicas representa un poderoso auxiliar que hace posible en la actualidad tener los controles citados en forma adecuada, por grande que sea el proyecto que se trata de controlar.

Cuando se pone un proyecto en nuestras manos para su realización debemos estudiarlo con todo detalle, para conocer perfectamente qué vamos a hacer, dónde lo vamos a hacer y cuándo se requiere que lo hagamos y cuáles son sus restricciones.

Los pasos para Planear y Programar un proyecto son los siguientes:

- 1) Hacer una relación cuidadosa del trabajo a efectuar, a partir de los planos, especificaciones, memorias y condiciones del proyecto.
- 2) Separar el trabajo en sus partes principales, analizando que CALIDAD se requiere en cada una de ellas.
- 3) Hacer el estudio de Métodos, Tiempos y Movimientos de cada una de las actividades a realizar, para encontrar el procedimiento más adecuado para llevar a cabo cada actividad y conocer la suma de recursos que se van a necesitar para su ejecución, asignando TIEMPOS a cada actividad finalmente.

- 4) Establecer la secuencia lógica necesaria entre las diferentes actividades.
- 5) Asignar los RECURSOS disponibles a las diferentes actividades.
- 6) Calcular las fechas límite de inicio y terminación de todas y cada una de las actividades del proyecto.
- 7) PROGRAMACION de las fechas de inicio y terminación de cada una de las actividades, dentro de sus límites de tiempo, y de acuerdo con los RECURSOS disponibles.
- 8) Analizar el tiempo total resultante para la terminación total del proyecto o de una de sus partes, si así se requiere para ver si es mayor, igual o menor que el requerido. En caso de que el resultado no sea satisfactorio hacer una nueva Planeación y Programación.
- 9) Calcular los costos Directos e Indirectos del proyecto. En caso de que el costo no se considere adecuado, hacer una nueva planeación y programación o llegar a la conclusión de que el proyecto no es factible.

5. DIAGRAMAS DE FLECHAS.

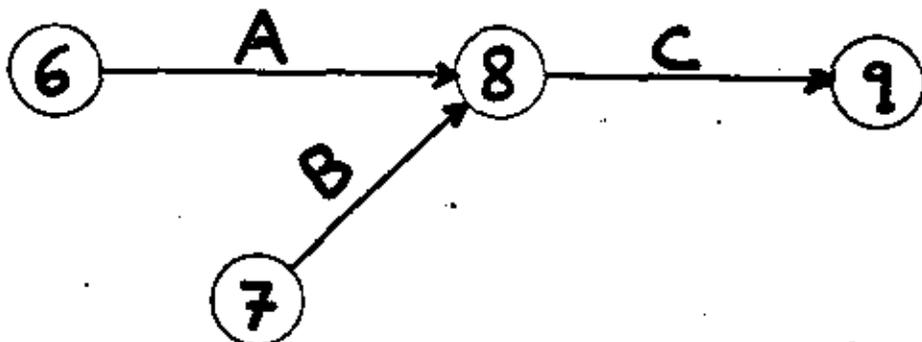
El Diagrama de Flechas es un modelo lógico del proyecto. En este diagrama cada flecha representa una diferente actividad. La longitud de cada flecha no tiene importancia, ni tampoco su dirección. La cola de la flecha representa el principio de la actividad y su punta el fin de la mis-

ma. Como se trata de un modelo lógico, la escala con que se dibuje el tamaño de la fecha no tiene importancia.

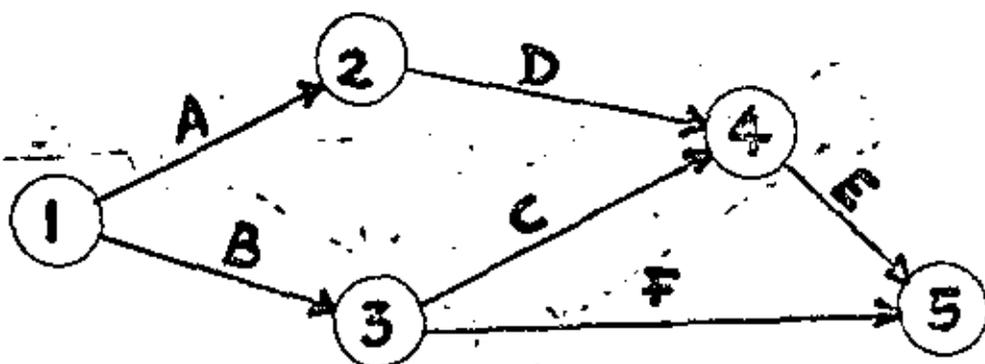
Para sacar provecho de los diagramas de flechas es necesario prepararlos siguiendo una serie de convenciones y reglas. Unos autores recomiendan unas, otros recomiendan otras y la práctica otras más, habiendo en conjunto muchas reglas comunes en las que todos están de acuerdo.

Estas reglas, por otra parte, van cambiando con el tiempo, a medida que se van desarrollando nuevos métodos o se crean nuevos programas para la solución de estos problemas, por medio de computadoras electrónicas. En nuestro caso las reglas que van a ser empleadas son las siguientes:

Regla 1. Las actividades se representan por medio de flechas. Las actividades quedan limitadas por nodos o EVENTOS que son acontecimientos que tienen lugar cuando terminan una o varias de las actividades que concurren a ese nodo o evento.



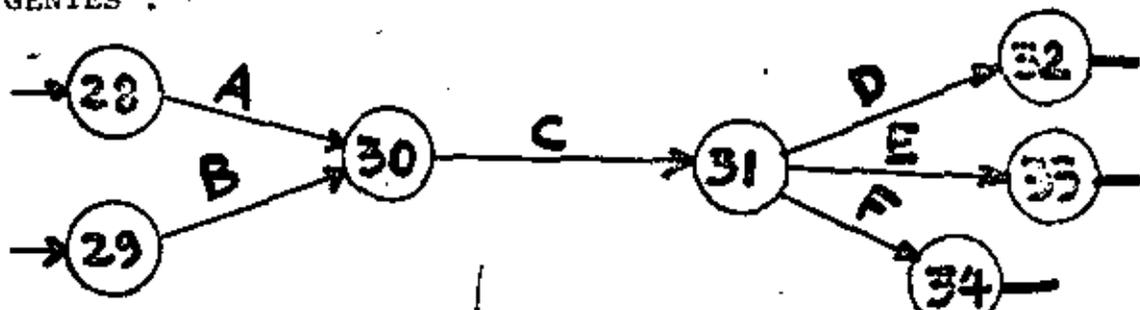
Regla 2. Se usa una flecha y solamente una para representar cada actividad, no teniendo ninguna importancia ni significación la longitud, la forma y el sentido de cada flecha. La cola representa el comienzo de la actividad y la punta el final de la misma.



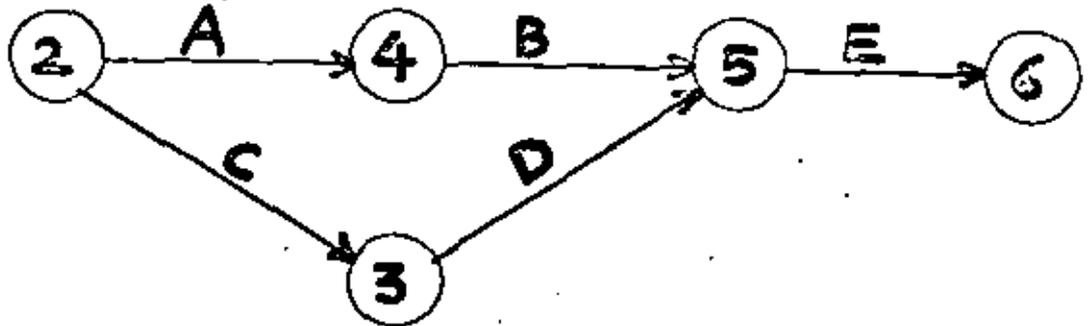
Regla 3. Cada flecha o actividad queda denominada de acuerdo con el nodo que la antecede y que la precede y la descripción de la actividad se coloca sobre la flecha misma. En el diagrama anterior la actividad "A" se denomina (1-2).

Regla 4. Para dibujar el diagrama de flechas de un proyecto lo más práctico es dibujar todas las flechas correspondientes a las actividades iniciales y avanzar hacia adelante, siguiendo la lógica del programa y estableciendo sistemáticamente todas las relaciones lógicas que existen entre las diversas actividades, hasta llegar a la actividad final.

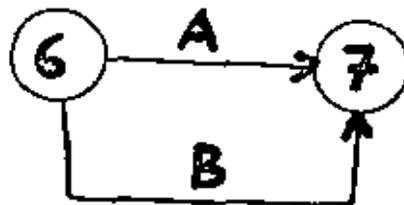
Regla 5. A los nodos en que concurren más de una actividad se les denomina "CONCURRENTES" y a aquellos de los que parten más de una actividad se les llama "DIVERGENTES".



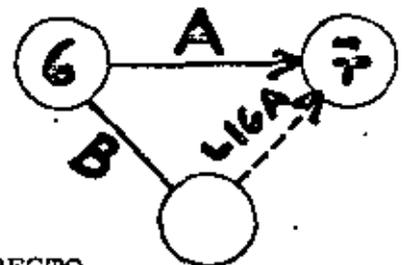
Regla 6. Antes de que una actividad pueda comenzar se deben haberse terminado todas las actividades que concurren al nodo donde dicha actividad comienza. Así, por ejemplo, en la figura siguiente la actividad (5-6) no puede ser comenzada mientras no se terminen las actividades (4-5) y (3-5).



Regla 7. Como según la Regla 2 no podemos representar a dos actividades con los mismos números y en muchos casos ocurre que hay dos actividades y sólo dos que comienzan en un mismo nodo y terminan en un mismo nodo, se utilizan las "FLECHAS DE LIGA", adicionales, que no tienen duración, pero sí tienen utilidad para dar una secuencia lógica al diagrama de flechas.

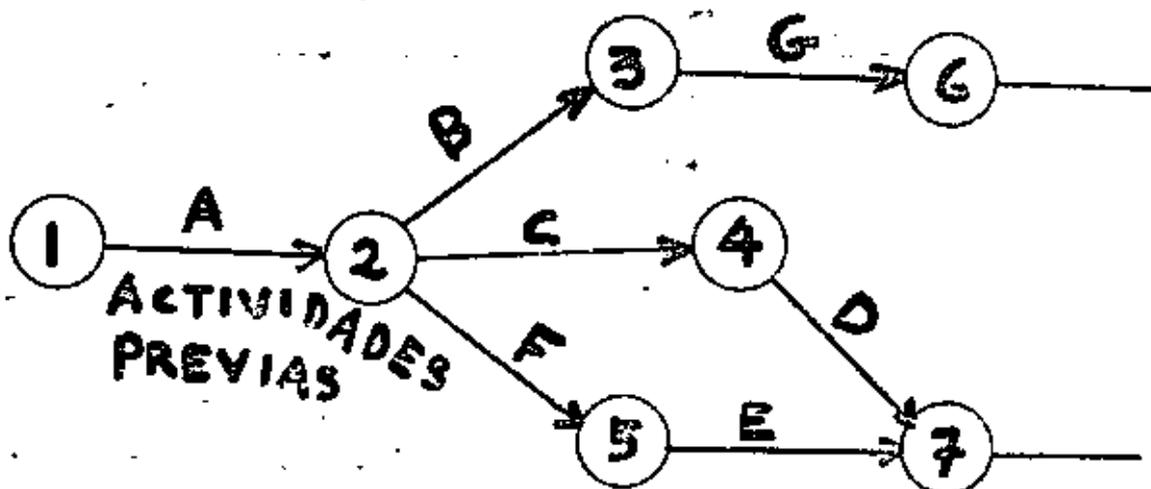


INCORRECTO



CORRECTO

Regla 8. En algunos casos es conveniente poner al principio de todo un diagrama de flechas una flecha de tiempo de iniciación o que corresponda a actividades previas del proyecto en sí. A esta flecha se le puede asignar o no, según convenga, un tiempo posteriormente.



Regla 9. Cuando se hace un diagrama de flechas debe tenerse especial cuidado en que las secuencias lógicas sean correctas. Es muy común cometer errores a este respecto.

Tenemos, por ejemplo, el caso de que exista una actividad "C" que depende de dos actividades "A" y "B" y una actividad "D", que depende exclusivamente de la actividad "A". Es fácil cometer un error dibujando el diagrama, como indica la figura siguiente:

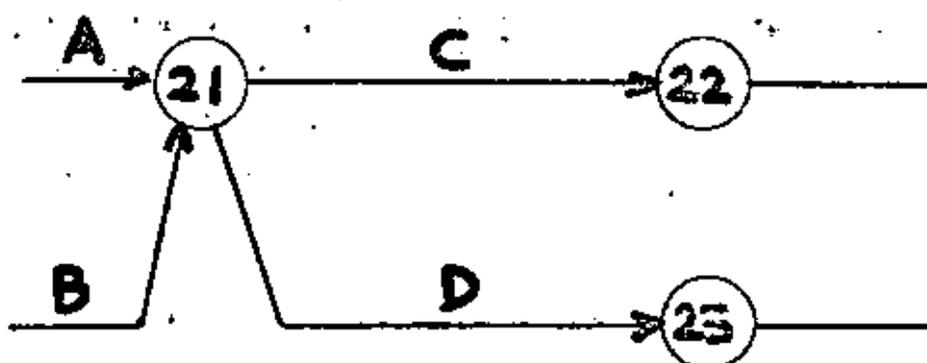
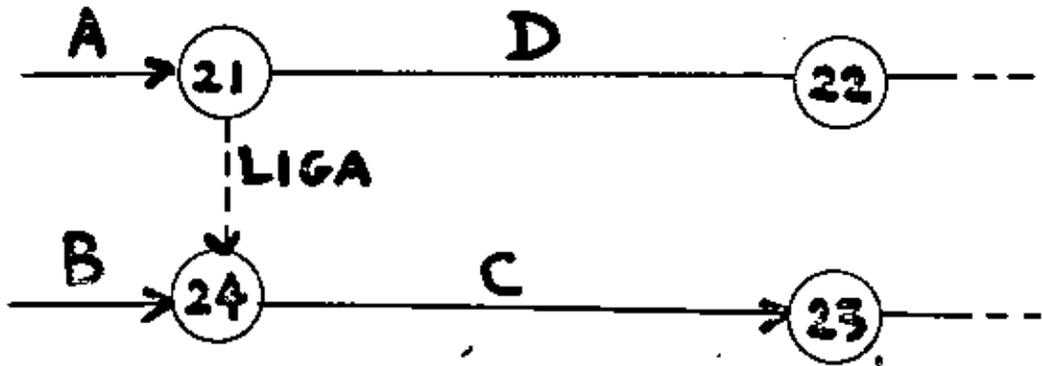


DIAGRAMA INCORRECTO

La forma correcta de dibujar el diagrama es diseñarlo tal como se indica a continuación, utilizando una flecha de liga, para dar la secuencia lógica:



Al realizar un proyecto existen siempre diferentes formas, a veces muy disímiles, de llevarlo a cabo. La preparación del diagrama de flechas y la programación posterior de las actividades nos permiten estudiar en el papel los diferentes caminos posibles de ejecución, antes del comienzo real de los trabajos, pudiéndose así escoger la mejor solución sin necesidad de realizar costosas experiencias prácticas para encontrarlo.

Por otra parte, como los diagramas de flechas sirven fundamentalmente para coordinar los trabajos de un proyecto, es indispensable que en la preparación de los mismos participen, con VOZ y VOTO, los sobrestantes, ingenieros o administradores que vayan a controlar los trabajos que se están programando. En esta forma, al tener una participación directa y viva en la preparación del programa, lo sentirán como suyo y se interesarán más activamente en su realización y se sentirán más responsables del cumplimiento de las fechas establecidas.

6. ASIGNACION DE TIEMPOS A LAS ACTIVIDADES DEL DIAGRAMA DE FLECHAS.

La asignación de tiempos a las actividades del diagrama se puede ir haciendo a medida que se dibuja cada flecha, o bien, se puede terminar el diagrama completo para establecer todas las secuencias lógicas y, entonces, asignar la duración a cada actividad.

En páginas anteriores hemos indicado cuál es el proceso que debe seguirse para Planear y Programar el proyecto y allí se indicó que la duración de cada actividad dependerá, básicamente, de los recursos que decidamos utilizar para su realización.

Cuando se utiliza el método conocido como "C.P. M." la asignación de los tiempos, se hace, basándose en la experiencia de las personas que realizan la planeación, considerando que ya han participado en actividades similares a la considerada y que pueden estimar con bastante aproximación el valor medio que tendrá dicha actividad.

Hay, por otra parte, ciertos tipos de proyectos como, por ejemplo, el desarrollo de nuevos productos o de investigación, en los que hay mucha incertidumbre acerca de la posible duración de las actividades. Para resolver este problema, se ha desarrollado una solución estadística, que es la base del Sistema "PERT" y se funda en que la distribución de probabilidades de los tiempos de duración de actividades con mucha incertidumbre, sigue la distribución conocida como "DISTRIBUCION DE PROBABILIDADES BETA", la que para ser utilizada requiere de tres estimaciones de tiempo para cada actividad:

El tiempo optimista. Es el tiempo menor en que se estima que determinada actividad puede ser realizada, o sea, el tiempo que tomaría realizarla si todo sucediera mejor de lo esperado.

El tiempo más probable. Es la mejor estimación del tiempo en que pueda realizarse una actividad, si todo ocurre normalmente.

El tiempo pesimista. Es el tiempo mayor que se estima que puede durar la actividad, o sea, el tiempo que tomaría si todo saliera mal. No debe considerarse en estos casos la posibilidad de catástrofes.

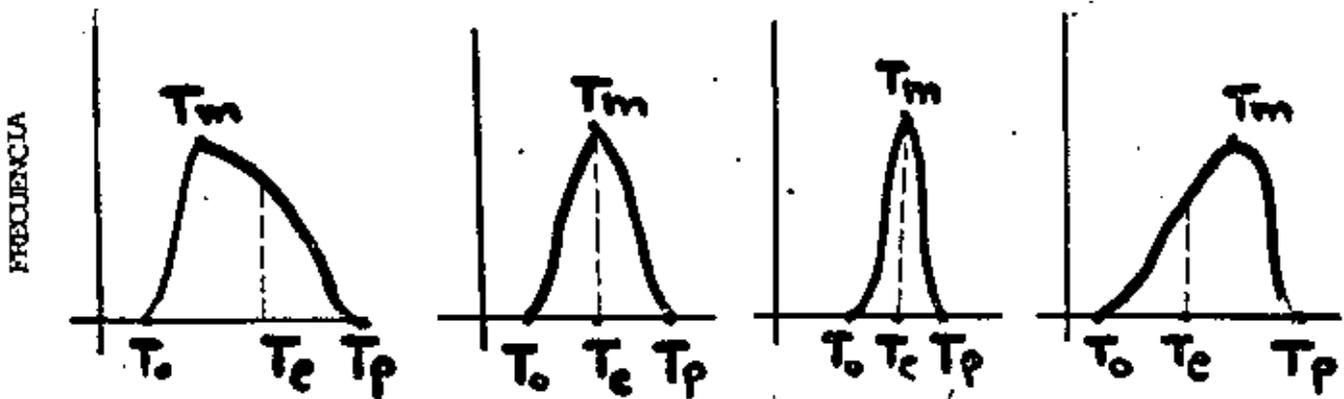
Cuando se hacen estimaciones de tiempo como las tres indicadas, se están estableciendo curvas de distribución de probabilidades como las que se indican en las figuras siguientes, donde:

T_o = al tiempo optimista.

T_m = al tiempo más probable.

T_p = al tiempo pesimista.

T_e = al tiempo esperado o medio.



Las posiciones relativas de T_e , T_m y T_p , en las curvas de distribución, dependen lógicamente de los valores numéricos que hayan sido dados por el programador.

El valor de T_e para cualquier tipo de distribución como los aquí estudiados es:

$$T_e = \frac{T_o + 4T_m + T_p}{6}$$

INCERTIDUMBRE Y VARIANCIA

Cuanto mayor sea la separación entre el tiempo optimista, y el pesimista, mayor será la incertidumbre acerca del tiempo en que realmente se ejecutará la actividad. El

concepto VARIANCIA nos da una medida de la incertidumbre. Cuando la VARIANCIA es grande hay mayor incertidumbre acerca de cual será el tiempo real de realización de una actividad.

Por otra parte, la duración de una actividad es una variable aleatoria, cuya distribución de probabilidad tiene características que dependen del grado de control que se tenga de los factores que intervienen en la ejecución de la actividad.

Una actividad bien controlada tiene una Variancia chica y se tiene una menor incertidumbre acerca del tiempo real en que va a realizarse.

Al calcular los diagramas de flechas, cualquiera que sea el método que se use para dar valor a la duración de las actividades, siempre se trabaja con un solo valor, ya sea el directamente estimado o el calculado como tiempo medio, usando el sistema del PERT.

7. CALCULO DE UN DIAGRAMA DE FLECHAS.

Antes de proceder al cálculo de un Diagrama de Flechas es conveniente definir algunos términos que se usarán en los cálculos.

t = tiempo directamente estimado o tiempo medio calculado a base de T_o , T_m y T_p .

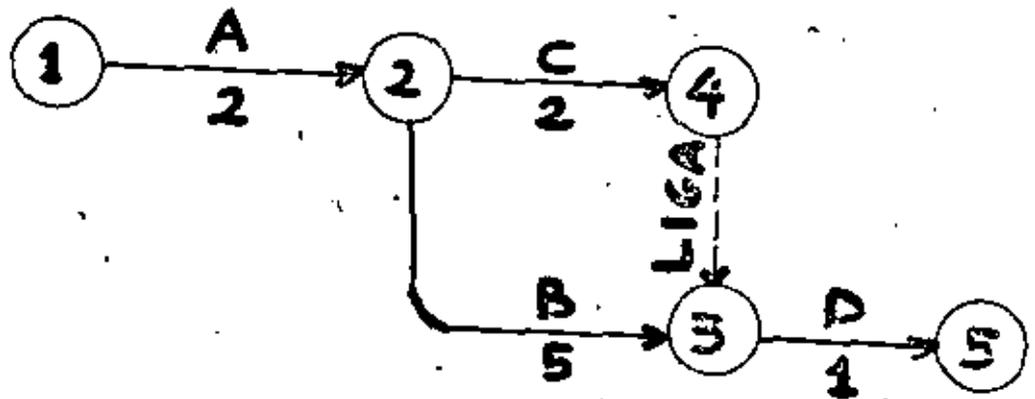
FMP = Fecha más próxima en que puede ocurrir un evento.

FML = Fecha más lejana en que puede ocurrir un evento.

CMP = Comienzo más próximo de una actividad, o sea, la fecha más próxima en que puede comenzar.

- CML = Comienzo más lejano de una actividad, o sea, la fecha más lejana en que puede comenzar.
- TMP = Terminación más próxima de una actividad, o sea, la fecha más próxima en que puede terminar.
- TML = Terminación más lejana de una actividad, o sea, la fecha más lejana en que puede terminar.
- MT = Margen total de tiempo o tiempo flotante total.
- ML = Margen libre de tiempo o tiempo flotante libre.
- MI = Margen independiente, o tiempo flotante independiente.

Para mejor comprender el proceso de cálculo vamos a considerar el diagrama elemental que se indica a continuación, en el que hemos sustituido la descripción de las actividades, por una letra mayúscula.



En este caso al evento inicial lo hemos denominado (1) y a éste le corresponde un tiempo cero. En esta for

ma los tiempos, que pueden ser días, horas, minutos, o cualquiera otra unidad de tiempo, se calculan como las edades de las personas, ya que se considera que un niño no tiene un año sino hasta que no ha transcurrido el primer año.

El cálculo de los tiempos del diagrama de flechas se hace recorriendo ésta actividad por actividad, sin dejar ninguna, hasta llegar al evento final, en un camino de recorrido hacia adelante. Después se completan los cálculos haciendo, como veremos un recorrido semejante, pero en sentido contrario, desde el evento final hasta el inicial.

RECORRIDO HACIA ADELANTE.

Las reglas que deben seguirse para el cálculo del diagrama de flechas, en el recorrido hacia adelante son las siguientes:

- 1) La fecha más próxima en que puede ocurrir el evento inicial se hace igual a cero:

$$FMP = 0, \text{ para el evento inicial.}$$

- 2) Se considera que cada actividad comienza en cuanto el evento anterior correspondiente tiene lugar. o sea, CMP de una actividad = FMP del evento que la precede.

- 3) En los nodos concurrentes, la fecha más próxima en que puede ocurrir el evento correspondiente al nodo en cuestión, es la fecha más alejada de las terminaciones más próximas de todas las actividades que concurren a este nodo.

FMP = Fecha más próxima de un evento, es la más alejada de las terminaciones más próximas ($TMP_1, TMP_2, \dots, TMP_n$), para un evento concurrente, con n actividades que concurren.

Aplicando estas reglas al diagrama de la página 22 tenemos:

Nodo 1. Hacemos $FMP_1 = 0$

Actividad A, (1-2).-

$$CMPA = FMP_1 = 0$$

$$TMPA = CMPA + t = 0 + 3 = 3$$

Nodo 2. $FMP_2 = 3$, ya que antes del nodo 2 existe únicamente la actividad "A".

A continuación podemos seguir los cálculos por cualquiera de las dos rutas posibles, por 2-3, ó por 2-4; en este caso seguiremos por 2-3.

Actividad B, (2-3).-

$$CMPB = FMP_2 = 3.$$

$$TMPB = CMPB + t = 3 + 2 = 5$$

Nodo 3. $FMP_3 = TMPB = 5$

Actividad D, (3-5).-

$$CMPD = FMP_3 = 5$$

$$TMPD = CMPD + t = 5 + 1 = 6$$

Actividad C, (2-4).-

$$CMPC = FMP_2 = 3$$

$$TMPC = CMPC + t = 3 + 4 = 7$$

Nodo 4. $FMP_4 = TMPC = 7$

Actividad E, (4-5).-

$$CMPE = FMP_4 = 7$$

$$TMPE = CMPE + t = 7 + 2 = 9$$

Nodo 5. FMP_5 es el mayor de los tiempos TMP de las actividades (3-5) y (4-5) que concurren a este nodo.

Por lo tanto, $FMP_5 = 9$

Actividad F, (5-6).

$$CMPF = FMP_5 = 9$$

$$TMPF = CMPF + t = 9 + 2 = 11$$

Nodo 6. $FMP_6 = TMPF = 11$

EL VALOR DE FMP_6 NOS DA LA DURACION TOTAL DEL DIAGRAMA DE FLECHAS.

En el caso que se pone como ejemplo, si se cumplen los tiempos de ejecución planeados, la duración total del proceso será de 11 unidades de tiempo.

RECORRIDO HACIA ATRAS

El objetivo que se persigue al recorrer el diagrama de flechas en sentido contrario al anterior es el de calcular la fecha más lejana en que puede tener lugar cada evento y las fechas de terminación más lejana de las actividades del diagrama.

Para hacer estos cálculos se hacen las siguientes consideraciones:

- 1) La fecha más lejana en que puede tener lugar el evento final, debe ser igual a la fecha más próxima que se calculó en el recorrido hacia adelante.

Es decir:

$$FML_6 = FMP_6 = 11$$

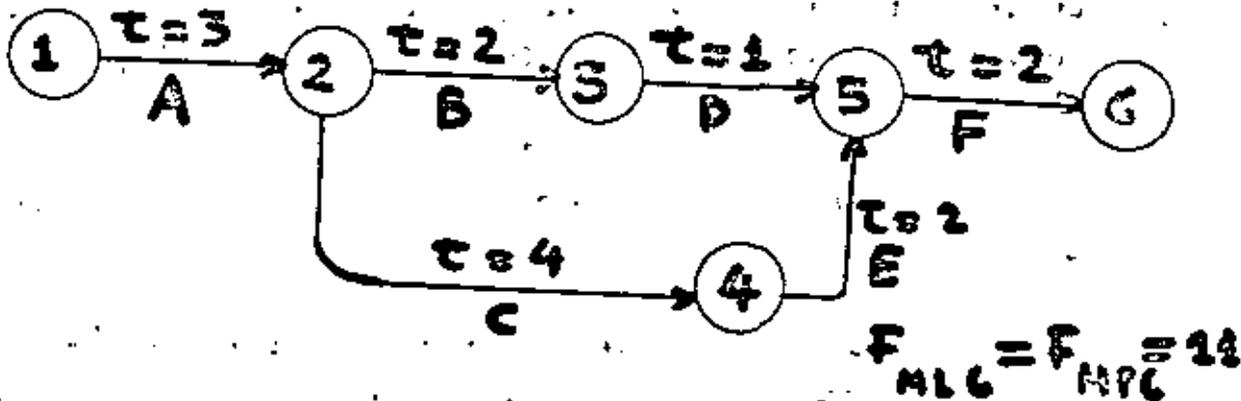
- 2) El comienzo más lejano de cualquier actividad es igual a la fecha más lejana del evento que la sucede, menos la duración de la actividad en cuestión.

TML (De una actividad) = FML (Del evento posterior)
 CML (De una actividad) = TML (De la misma act.) - t = FML - t

3) La fecha más lejana en que puede ocurrir un evento es la más cercana de las fechas de comienzo más lejano de las actividades que salen de ese evento.

FML (De un evento) = a la más cercana de las fechas más lejanas de comienzo de las actividades que se originan en dicho evento (CML₁, CML₂, ..., CML_n) para n actividades.

Para mejor comprensión de las reglas vamos a aplicarlas al mismo ejemplo anterior:



Nodo 6. Hacemos $FML_6 = FMP_6 = 11$

Actividad F, (5-6).

$$TMLF = FML_6 = 11$$

$$CMLF = TMLF - t = 11 - 2 = 9$$

Nodo 5. $FML_5 = CMLF = 9$

Actividad D, (3-5).

$$TMLD = FML_5 = 9$$

$$CMLD = TMLD - t = 9 - 1 = 8$$

Actividad E, (4-5).

$$TMLE = FML_5 = 9$$

$$CMLE = TMLE - t = 9 - 2 = 7$$

Nodo 4. $FML_4 = CMLE = 7$

Nodo 3. $FML_3 = CMLD = 8$

Actividad B, (2-3).

$$TMLB = FML_3 = 8$$

$$CMLB = TMLB - t = 8 - 2 = 6$$

Actividad C, (2-4).

$$TMLC = FML_4 = 7$$

$$CMLC = TMLC - t = 7 - 4 = 3$$

Nodo 2. La fecha más lejana en que puede ocurrir este evento es la menor de las fechas de comienzo más lejano de las actividades B y C.

Por lo tanto: $FML_2 = 3$

Actividad A, (1-2).

$$TMLA = FML_2 = 3$$

$$CMLA = TMLA - t = 3 - 3 = 0$$

Este resultado final de $CMLA = 0$, nos sirve de comprobación de los cálculos, ya que $FMP_1 = FML_1 = 0$ en el evento inicial; de la misma forma que $FML_6 = FMP_6$, en el evento final.

CALCULO DEL MARGEN TOTAL, PARA CADA ACTIVIDAD.

El margen Total es igual a la diferencia entre la fecha más Lejana del Evento sucesor de una actividad y la fecha de terminación más próxima de la actividad en cuestión.

$$MT = FML - TMP$$

El Margen Total es, por lo tanto, el tiempo que puede retrasarse cualquier actividad, sin que se afecte el Comienzo más próximo o la fecha de ocurrencia de cualquier actividad o evento, del Camino-Crítico del diagrama de flechas.

La definición anterior es equivalente a decir que el Margen Total es igual a la diferencia entre la Terminación más lejana y la Terminación más próxima de una actividad, o entre el Comienzo más lejano y el Comienzo más próximo de la misma.

$$MT = TML - TMP = CML - CMP$$

El Margen total es el número de unidades de tiempo que faltan para que la actividad se vuelva crítica.

El Margen Total es, en general, el número de unidades de tiempo que puede tomar adicionalmente el tiempo de realización de una actividad, sin causar un retraso, o sea, sin aumentar, la fecha esperada de cualquier evento, que se encuentre en la Ruta Crítica.

En nuestro ejemplo anterior las actividades A, C, E y F se encuentran en la Ruta Crítica y no tienen por lo tanto Margen Total. En cambio, las B y D sí tienen Margen Total, que es, siguiendo los conceptos expresados:

Para la actividad B (2-3).

$$MT = TMLB - TMPB = 8 - 5 = 3$$

$$\text{ó también: } MT = CMLB - CMPB = 6 - 3 = 3$$

$$\text{ó también: } MT = FMLB - TMPB = 8 - 5 = 3$$

Para la actividad D (3-5).-

Siguiendo nada más uno de los caminos de cálculo indicados:

$$MT = CMLD - CMPD = 8 - 5 = 3$$

Se puede ver que cuando dos actividades están en serie, como la B y D, tienen el mismo Margen Total. En este caso, constituyen, además, la única Ruta Subcrítica del diagrama en cuestión.

CALCULO DEL MARGEN LIBRE, PARA CADA ACTIVIDAD.

Las únicas actividades que tienen Margen Libre son aquellas que concurren a un nodo y no pertenecen a ninguna Ruta Crítica.

El Margen Libre es igual a la diferencia entre la fecha más próxima del evento posterior de una actividad, y la fecha correspondiente a la terminación más próxima de la misma actividad.

O sea: $ML = FMP - TMP$

El Margen Libre, es por lo tanto, el tiempo que puede representarse la terminación de una actividad, sin afectar al Comienzo más próximo de cualquier otra actividad o a la fecha más próxima de cualquier evento en el diagrama de flechas correspondientes.

En nuestro ejemplo, la única actividad que tiene Margen Libre es la D (3-5), por ser la única actividad que llega a un nodo concurrente y no está, al mismo tiempo, en una Ruta Crítica.

En la actividad D (3-5).

$$ML = FMP_5 - TMPD = 9 - 6 = 3$$

Este tiempo es también el tiempo que puede tomar la actividad D (3-5) adicionalmente, sobre su Terminación más próxima esperada, sin que el evento (5) deje de realizarse en su fecha más próxima esperada.

Aplicando la fórmula de ML a cualquiera de las demás actividades del diagrama que sirvió de ejemplo, encontramos que en todos los casos $ML = 0$.

Hagamos el cálculo, por ejemplo, para la actividad C:

$$MC = FMP_4 - TMPC = 7 - 7 = 0$$

Es interesante llamar la atención sobre el hecho de que el Margen Total es siempre igual o Mayor que el Margen Libre, ya que:

$$MT = FML - TMP$$

y

$$ML = FMP - TMP$$

y FML es siempre mayor que FMP.

En la actividad D (3-5).-

$$ML = FMP_5 - TMPD = 9 - 6 = 3$$

Este tiempo es también el tiempo que puede tomar la actividad D (3-5) adicionalmente, sobre su Terminación más próxima esperada, sin que el evento (5) deje de realizarse en su fecha más próxima esperada.

Aplicando la fórmula de ML a cualquiera de las demás actividades del diagrama que sirvió de ejemplo, encontramos que en todos los casos $ML = 0$.

Hagamos el cálculo, por ejemplo, para la actividad C:

$$ML = FMP_4 - TMPC = 7 - 7 = 0$$

Es interesante llamar la atención sobre el hecho de que el Margen Total es siempre igual o Mayor que el Margen Libre, ya que:

$$MT = FML - TMP$$

Y

$$ML = FMP - TMP$$

Y FML es siempre mayor que FMP .

CALCULO DEL MARGEN INDEPENDIENTE, PARA CADA ACTIVIDAD.

Las únicas actividades que pueden tener Margen Independiente positivo son aquellas que llegan a un nodo con corriente y no están en una ruta crítica.

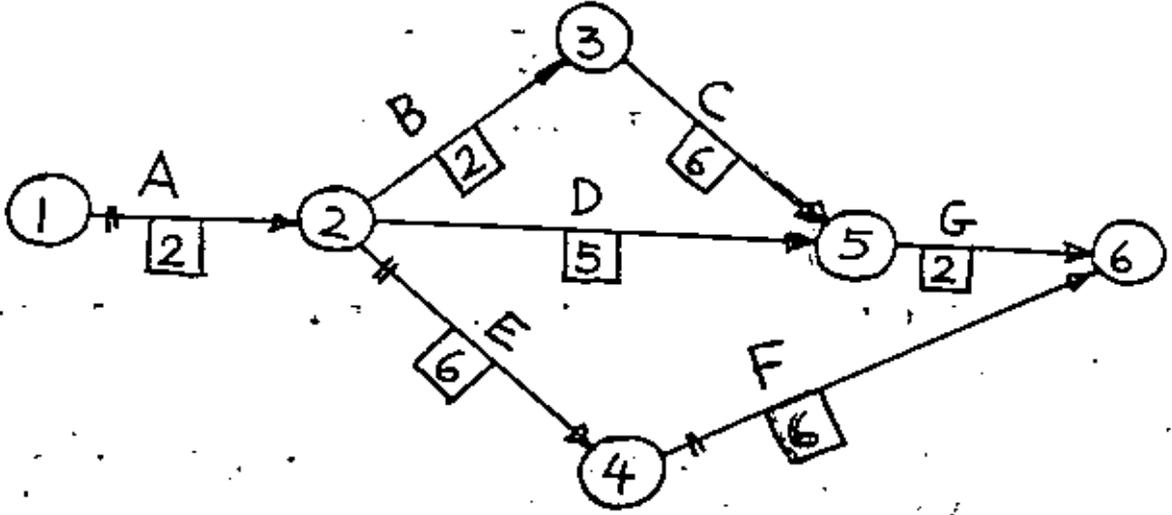
Solamente los Margenes Independientes positivos nos sirven en el trabajo de programación.

El Margen Independiente se obtiene restando a la fecha más próxima del evento posterior de una actividad, la suma de la fecha más lejana del evento anterior de la misma actividad y la duración de ésta.

O sea: para la actividad: X (M, t)
 $MIX = FMPN - (FMLM + t)$

Cuando una actividad tiene Margen Independiente, aunque las actividades que concurren a su nodo inicial terminen en su terminación Más Lejana, haciendo que dicho evento tenga lugar en su Fecha Más Lejana, de todas maneras esta actividad puede retrasarse el tiempo correspondiente a su Margen Independiente, sin afectar a la fecha más próxima de su evento terminal.

En la figura siguiente, sólo la actividad D tiene Margen Independiente positivo. Las duraciones se indican en los rectángulos que aparecen debajo de cada fecha.



En el diagrama anterior, la Ruta Crítica corresponde a las actividades A-E-F, con un tiempo total para todo el diagrama de: $2 + 6 + 6 = 14$.

Si calculamos el diagrama anterior obtenemos lo que se muestra en la siguiente tabla:

Actividad	Duración	CMP	CML	TMP	TML	MT	ML	MI	R.C.
A	2	0	0	2	2	0	0	0	X
B	2	2	4	4	6	2	0	0	
C	6	4	6	10	12	2	0	-2	
D	5	2	7	7	12	5	3	3	
E	6	2	2	8	8	0	0	0	X
F	6	8	8	14	14	0	0	0	X

Se puede observar en los datos de la tabla anterior que para las actividades que están en la ruta crítica, todos los márgenes son iguales a cero. Y que, por otra parte, las actividades que están en serie, a través de nodos no concurrentes, tienen los mismos márgenes totales, tal como se muestra en las actividades B y C. Es bueno recordar aquí que "nodo concurrente" es aquel al que llegan más de una actividad y "nodo no concurrente", aquel al que sólo llega una actividad.

8. EJEMPLO DE PREPARACION DE UN DIAGRAMA DE FLECHAS.

Como ejemplo de aplicación del método de Ruta Crítica vamos a utilizar la planeación de un trabajo de mantenimiento consistente en el reemplazo de un tramo de tubería de vapor que se deriva del cabezal principal de salida de vapor de una caldera para una serie de calentadores de una fábrica.

Vamos a suponer que esta tubería es suspendida y que hay varias válvulas al nivel del piso conectadas a es

ta sección particular de la tubería y sabemos que algunas de ellas están defectuosas. El trabajo consiste en la remoción de la tubería y de las válvulas viejas, la colocación de la nueva tubería y de nuevas válvulas, realizar el nuevo aislamiento de la tubería y finalmente hacer limpieza general de las instalaciones.

La forma en que construyamos el diagrama de flechas correspondiente a este trabajo, depende fundamentalmente de nuestra experiencia anterior al respecto. Si el ingeniero y el o los sobrestantes que van a dirigir la obra han realizado conjuntamente trabajos similares es muy posible que de mutuo acuerdo y paso a paso dibujen de inmediato el diagrama de flechas correspondiente a la secuencia lógica de las actividades a realizar.

Cuando el trabajo es relativamente nuevo para los participantes, puede ser conveniente hacer una lista inicial de las diferentes actividades que se considere será necesario llevar a cabo. No es necesario escribir las actividades en el orden cronológico en que deberán realizarse. Esta lista es una simple guía de lo que se va a hacer. En nuestro ejemplo esta lista podría ser la siguiente:

1. Erigir y después desmontar una obra falsa.
2. Organizar la cuadrilla de trabajo.
3. Remover la tubería vieja y las válvulas viejas.
4. Desconectar la línea antigua y desconectar las válvulas.
5. Colocar la nueva tubería y las nuevas válvulas.
6. Estimar y hacer un esquema del trabajo que debe hacerse.
7. Pedir los materiales.
8. Prefabricar las secciones de la tubería antes de colocarlas en su lugar.
9. Aislar la nueva tubería.
10. Hacer prueba de presión a la nueva tubería.

El diagrama de flechas podemos iniciarlo con una actividad inicial que llamaremos "tiempo de iniciación". A partir de este punto debemos dibujar las flechas que correspondan a las actividades que puedan desarrollarse simultáneamente. Para ello nos reuniremos alrededor de una mesa con los ingenieros y sobrestantes que van a llevar a cabo el trabajo. Como ya lo hemos indicado es indispensable que en la preparación del diagrama de barras y en la asignación posterior de los tiempos correspondientes a dichas actividades, participen los que se van a responsabilizar de su ejecución. Si así lo hacemos ellos tomarán la planeación y programación como suya y procurarán su cumplimiento.

Como se muestra en la figura 1 las dos primeras actividades que pueden realizarse simultáneamente ya que no son dependientes una de otra son: "Suspender uso de la línea vieja" y "Reunir cuadrilla para comenzar el trabajo".

A partir de la terminación de estas dos actividades iremos elaborando en forma sistemática el diagrama de flechas, tal como se muestra en la figura 2.

El diagrama final se muestra en la figura 3 en que se indican la totalidad de los trabajos necesarios. Al terminar el diagrama es necesario numerar los nodos, con objeto de fijar los nodos iniciales y finales de cada actividad, lo cual es indispensable para el cálculo de los tiempos del diagrama por medio de una computadora o manualmente.

Por tratarse de un trabajo de tipo general en el que hay en la mayoría de los casos una gran experiencia al respecto, la asignación de tiempos se hace en forma determinística, de acuerdo con los recursos de que se disponga y usando el criterio de los participantes, discutiendo razonablemente la duración de cada actividad y llegando siempre a un acuerdo unánime, negociado, entre todos los participantes.

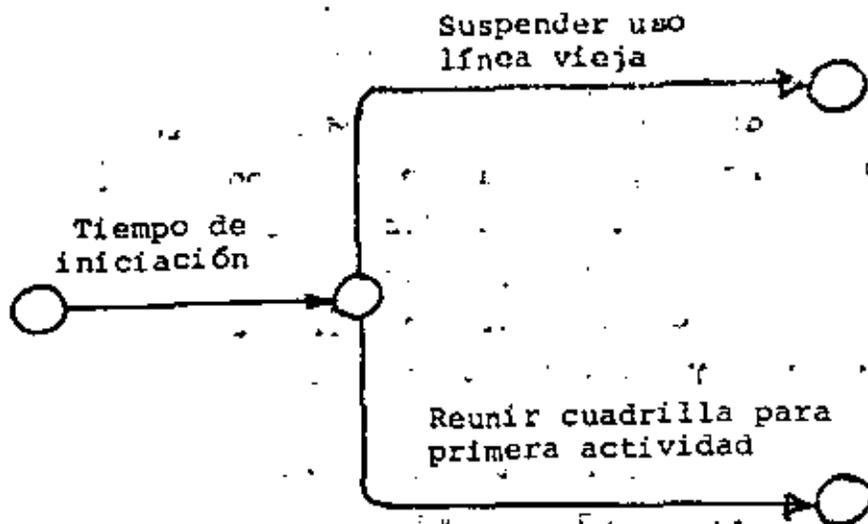


FIGURA - 1 -

9. CALCULO DE DIAGRAMAS DE FLECHAS CON COMPUTADORAS Y EN FORMA MANUAL.

En la actualidad existen diversos programas de biblioteca para computadoras, que permiten hacer todos los cálculos de los diagramas de flechas en forma muy rápida.

Los datos necesarios para utilizar estos programas son en términos generales:

- a) En número del nodo anterior y posterior de cada actividad.
- b) La descripción de cada actividad.
- c) La duración de cada actividad, ya sea con un tiempo único estimado o los tres tiempos (Pesimista, Optimista y Más Probable) según lo pida el programa utilizado.

Se hace una tabla con estos datos y siguiendo el Formato que indica el Libro de Instrucciones del programa, se perforan las tarjetas correspondientes. El Formato nos dice en que lugares exactos de la tarjeta deben de ir cada uno de los datos.

Al procesar estos datos en la computadora correspondiente, se obtienen los resultados, que pueden salir por máquina de escribir, por tarjetas perforadas, por cinta perfora

RESULTADOS OBTENIDOS EN EL CÁLCULO DEL
DIAGRAMA DE FLECHAS DE LA FIGURA ANTERIOR

ACTIVIDAD	DURACION	DESCRIPCIÓN	C M P	C M L	T M P	T M L	M T	M L	RUTA CRITICA
1-2	2	A							
2-3	5	C							
3-6	3	D							
1-4	3	B							
4-6	5	F							
4-5	1	G							
5-7	3	H							
6-7	4	E							

TABLA I. PARA ANOTAR LOS RESULTADOS DEL CALCULO O DEL DIAGRAMA
DE FLECHAS DE LA FIGURA 5.

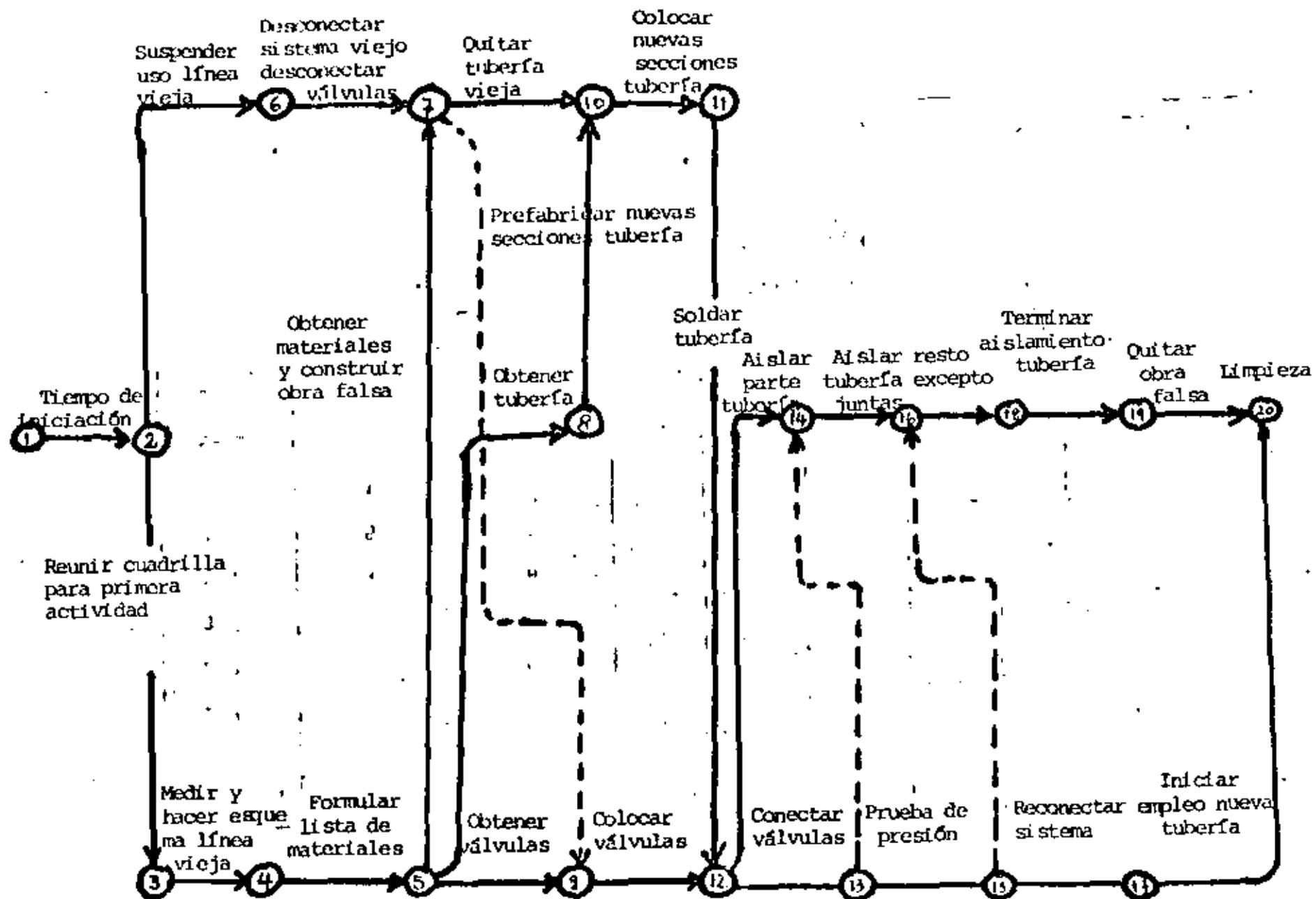


FIGURA - 3 -

da, etc. según sea la máquina computadora que se esté utilizando dándonos finalmente a la salida de la misma o en una máquina auxiliar, los resultados impresos.

Los resultados que da la máquina son, en general, los mismos que se han calculado en las páginas anteriores.

Existe un método práctico para hacer el cálculo manual rápido de los diagramas de flechas. La base del método está en la forma como se dibuja el diagrama y en como se anotan los resultados de los cálculos, sobre el mismo.

La forma en que se dibujan los nodos y las flechas así como los valores que sobre éstos se anotan se indican en la siguiente figura: Ver figura (4).

Usando estos símbolos, se dibuja primero el diagrama de flechas, siguiendo la lógica del proceso y se le anotan en el lugar indicado los números de los nodos y los tiempos de duración estimada o calculada de cada una de las actividades.

Se hacen dos pasos de cálculo, semejantes a los indicados anteriormente, primero hacia adelante y después hacia atrás. El procedimiento es el siguiente:

- 1) La fecha más próxima del evento inicial se hace igual a cero.

$$F_{MP} = 0$$

- 2) Se calcula la terminación más próxima de cada actividad sumando a la Fecha más próxima del evento anterior, la duración de la actividad.

$$T_{MP} = F_{MP} + t$$

El resultado se anota en la punta de la flecha correspondiente a la actividad en cuestión.

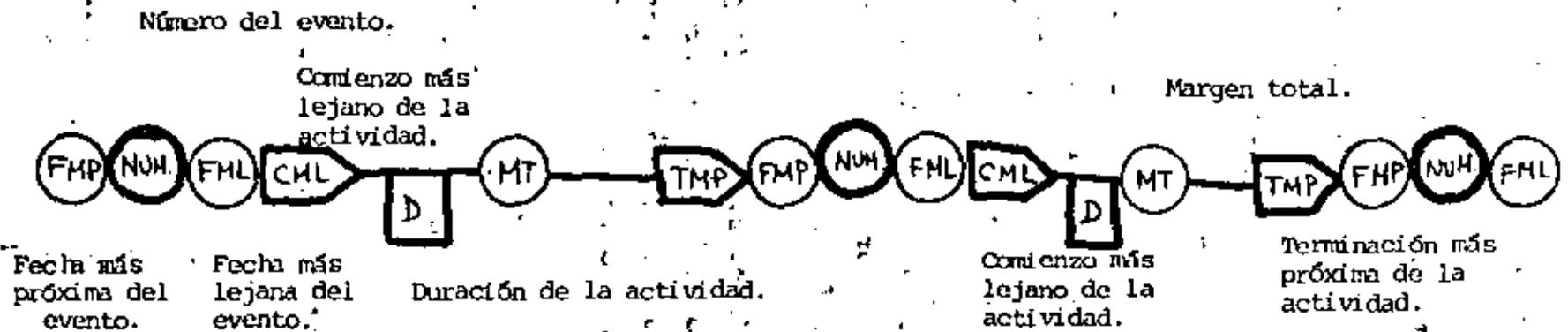


FIGURA - 4 -

- 3) Para cada evento se determina su Fecha más próxima de ocurrencia, que es la fecha más alejada de todas las Terminaciones más próximas de las actividades que concurren al evento.

Es decir, se selecciona para F_{MP} (Fecha más próxima) del evento, la más alejada de las T_{MP} Terminaciones más próximas) que concurren al evento y el resultado se anota en el lugar correspondiente.

En el recorrido hacia atrás, se hace lo siguiente:

- 1) Se hace la Fecha más Lejana del evento final igual a la Fecha más próxima del mismo.

$$F_{ML} = F_{MP}$$

- 2) Para cada una de las actividades que concurren, en un evento, cuya fecha más lejana de ocurrencia permitida es F_{ML} , se calcula el Comienzo más lejano, restando a F_{ML} el tiempo de duración de la actividad.

$$C_{ML} = F_{ML} - t$$

El resultado se anota en la cola de la flecha correspondiente.

- 3) Para cada evento se determina su Fecha más lejana de ocurrencia permitida que es la fecha más cercana de todos los Comienzos más lejanos de las actividades que tienen como origen el evento en cuestión. El resultado se anota en el lugar correspondiente.

Una vez que se han hecho los dos recorridos del diagrama de flechas, se calcula el Margen Total de cada actividad, sacando la diferencia entre el Comienzo más lejano y el Comien-

zo más próximo de cada actividad, o entre la Fecha más lejana del evento posterior y la Terminación más próxima de la actividad en cuestión.

$$MT = T_{ML} - T_{MP} = F_{ML} - T_{MP}$$

Este valor se anota en el círculo central de la flecha correspondiente.

El Margen Libre se calcula como la diferencia entre la Fecha más próxima del evento final de una actividad y Terminación más próxima de la actividad en cuestión.

$$ML = F_{MP} - T_{MP}$$

Y se anota abajo del círculo que contiene al Margen Total.

Con objeto de que el lector pueda practicar el cálculo de un diagrama de flechas, se adjuntan dos copias de la Figura 5 y de la Tabla I.

Para llevarlo a cabo, favor de seguir paso a paso los recorridos hacia adelante y hacia atrás que se acaban de explicar en los párrafos anteriores.

10. CALCULOS DE DIAGRAMAS DE RUTA CRITICA CON ACTIVIDADES EN LOS NODOS.

Otra forma de representar un diagrama de actividades, cuyo se ha extendido ya mucho en la actualidad, es el de "Actividades en los Nodos". Como su nombre lo indica y a diferencia del método clásico ya analizado, en este caso las actividades se representan en los nodos y las flechas se utilizan únicamente para establecer las secuencias lógicas entre actividades.

En la figura 6 se representa un diagrama de flechas correspondiente a las actividades a realizar para llevar a cabo un estudio de mercado y en la Figura 7 se representa el mismo diagrama, dibujado con actividades en los nodos.

Nótese que en el diagrama con actividades en los nodos no se muestra ninguna actividad de liga. En realidad lo que ocurre es que en este tipo de representación, todas las actividades son de liga.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

La ventaja principal de la preparación de diagramas con actividades en los nodos es su gran simplicidad. La preparación se facilita mucho por el hecho de no tener que utilizar flechas de liga.

Para su utilización generalizada, este procedimiento tiene el inconveniente que existen muchos menos programas de computadora diseñados para utilizarlo, ya que la gran mayoría de los existentes emplean el sistema habitual de actividades en las flechas.

La experiencia del que esto escribe es que la preparación de diagramas de Ruta Crítica se simplifica enormemente con el método de actividades en los nodos, ya que el programador puede utilizar hojas preparadas en que están dibujados una serie de rectángulos sobre los que se escriben las descripciones de las actividades y sus duraciones, estableciéndose muy fácilmente las secuencias lógicas, por medio de un lápiz plomo. Es muy fácil entrenar a personal de oficina, para que a partir de estos diagramas llene hojas de codificación para computadora, que después se perforan en tarjetas o se meten directamente a una computadora a través de una terminal, ya sea directamente, o por el intermedio de cintas o discos.

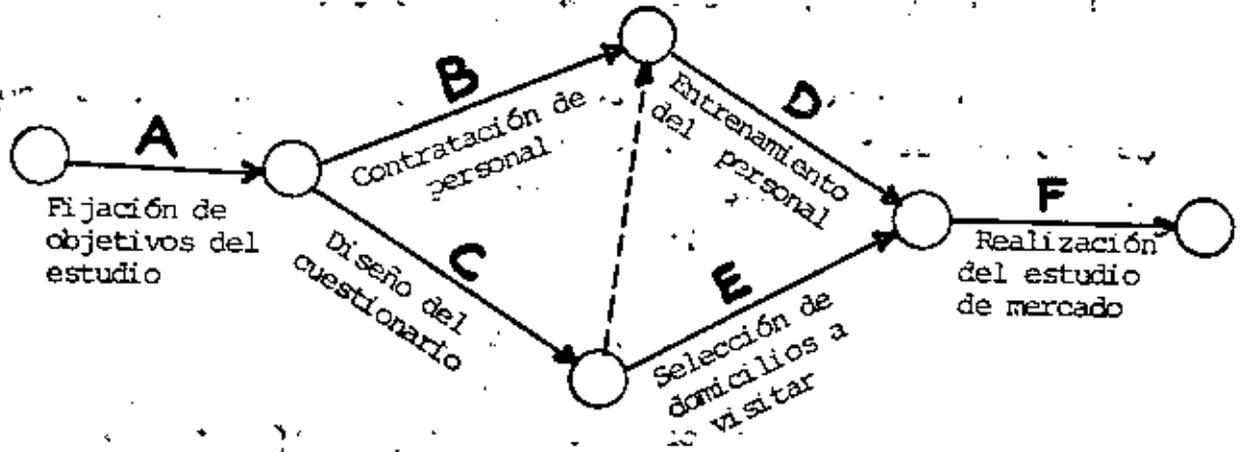


FIGURA - 6 -

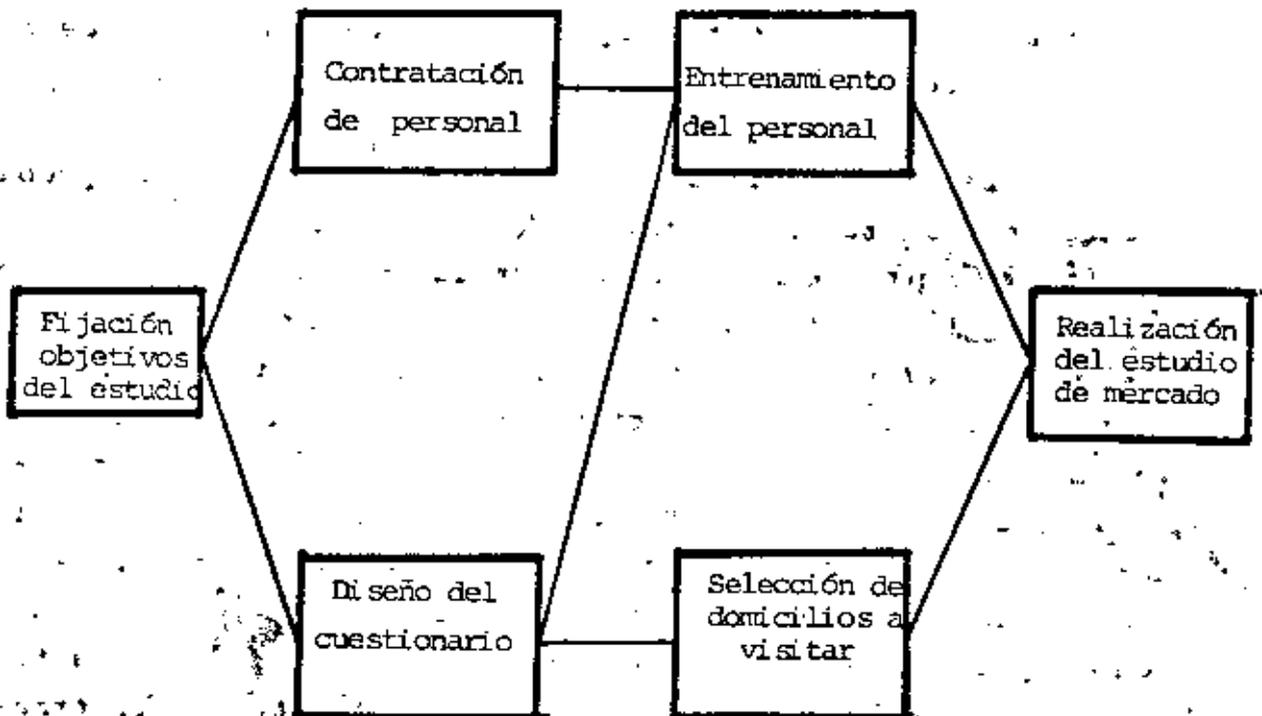


FIGURA - 7 -

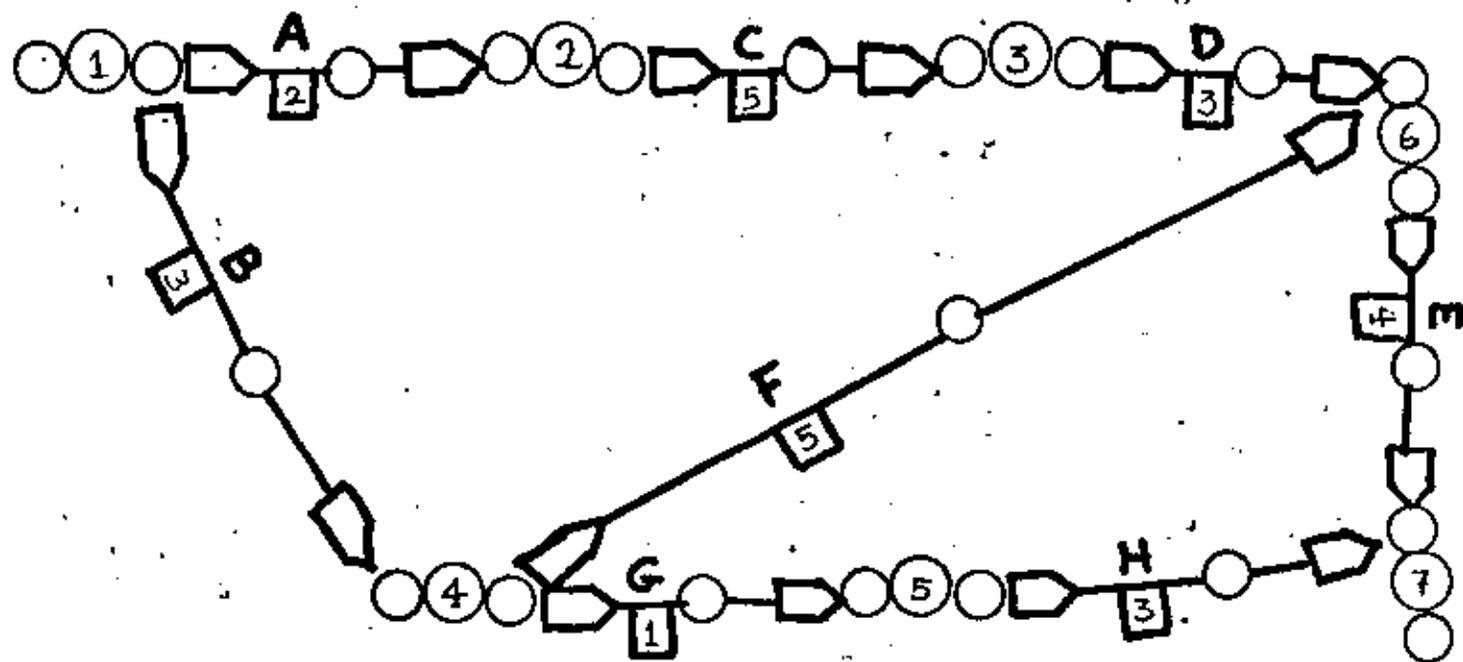


FIGURA - 5 -

Para el cálculo manual de los diagramas se emplean los símbolos que se muestran en la figura 7A.

En la figura 8 se muestra un diagrama con actividades en los nodos, con todos los valores ya calculados. Los pasos del cálculo han sido los siguientes:

Siendo la actividad 1 la actividad inicial, las flechas que salen de este nodo indican que cuando la actividad 1 se termine se podrán comenzar las 2 y 4. Al terminarse estas dos actividades será posible comenzar la actividad 3. Para que se pueda comenzar la actividad 5 es solamente necesario que se termine la 4. Finalmente, cuando las actividades 5 y 3 hayan ambas terminado, se podrá comenzar la actividad 6.

En el recorrido hacia adelante, el Comienzo Más Próximo de la actividad inicial 1 es cero y la $TMP_1 = 0 + 5 = 5$. Para la siguiente actividad 2, por ejemplo, $CMP = 5$, valor que se encuentra regresando hacia atrás de la flecha que proviene del nodo 1. Cuando varias actividades convergen a una actividad, su CMP es la fecha más alejada de las Terminaciones más próximas de las actividades que concurren a este nodo. En esta forma, para la actividad 6, el Comienzo Más Próximo es el valor mayor seleccionado entre 20 y 18, es decir: 20.

El recorrido hacia atrás se comienza con la actividad terminal. Se hace a su Terminación Más Lejana igual a la Terminación más próxima. Para la actividad 6 la $TML = 40$ y su $CML_6 = 40 - 20 = 20$.

Para encontrar las TML de las demás actividades, recorranse de regreso cada una de las flechas que llegan a cada actividad y tómese el menor de los CML de las puntas de las flechas. Si es una sola flecha, hágase la TML de la ac-

COMIENZOS

TERMINACIONES

CMP	DESCRIPCIÓN			TMP
	NÚMERO		±	
CML	HT	ML	MI	TML

FIGURA - 7A -

tividad que está en la cola de la flecha igual al CML de la actividad que está en la punta de la flecha. Si son varias flechas, como en el caso de la actividad 1, por ejemplo, el $CML_1 = 5$, ya que los Comienzos Más Lejanos correspondientes a las puntas de las flechas que salen de 1, son ocho y cinco, y elegimos el valor menor, o sea, 5. El Margen Total de cada actividad lo calculamos en la forma habitual, como la diferencia entre el CML y el CMP de cada actividad, o como la diferencia entre la TML y la TMP, que nos da el mismo valor. El cálculo del Margen Libre de una actividad es un poco más difícil. Recordando la fórmula que nos daba el Margen Libre, en el caso de las actividades en las flechas, tenemos que para una actividad X (M,N):

$$MLX = FMPN - TMPX$$

La Fecha Más Próxima de N que es el evento posterior de la actividad X, la obtenemos fácilmente, como la más cercana de las fechas correspondientes a los CMP's de las actividades que siguen al evento en cuestión. Por ejemplo, para la actividad 4, el comienzo más próximo más temprano de las actividades que siguen a ésta, es el menor de los CMP's correspondientes, o sea, es 15. (CMP = FMP = 15) y la $Fx TMP_4 = 15$. Por lo tanto, el Margen Libre para la actividad 4 es $ML_4 = 15 - 15 = 0$. Siguiendo el mismo procedimiento para la actividad 2, obtenemos: $ML_2 = 15 - 12 = 3$.

Para el cálculo del Margen Independiente, recordemos que para una actividad X (M, N), es igual a:

$$MIX = FMPN - (FMLM + t)$$

Ya hemos visto en el párrafo anterior como se calcula FMPN. Debemos recordar que aunque, en este método de cálculo, el evento no tenga una representación gráfica, si

que teniendo un significado real que está implícito en el diagrama correspondiente.

De acuerdo con esta idea, el Margen Independiente de 2, se calcula:

$$MI2 = 15 - (5 + 7) = 3$$

En la misma forma:

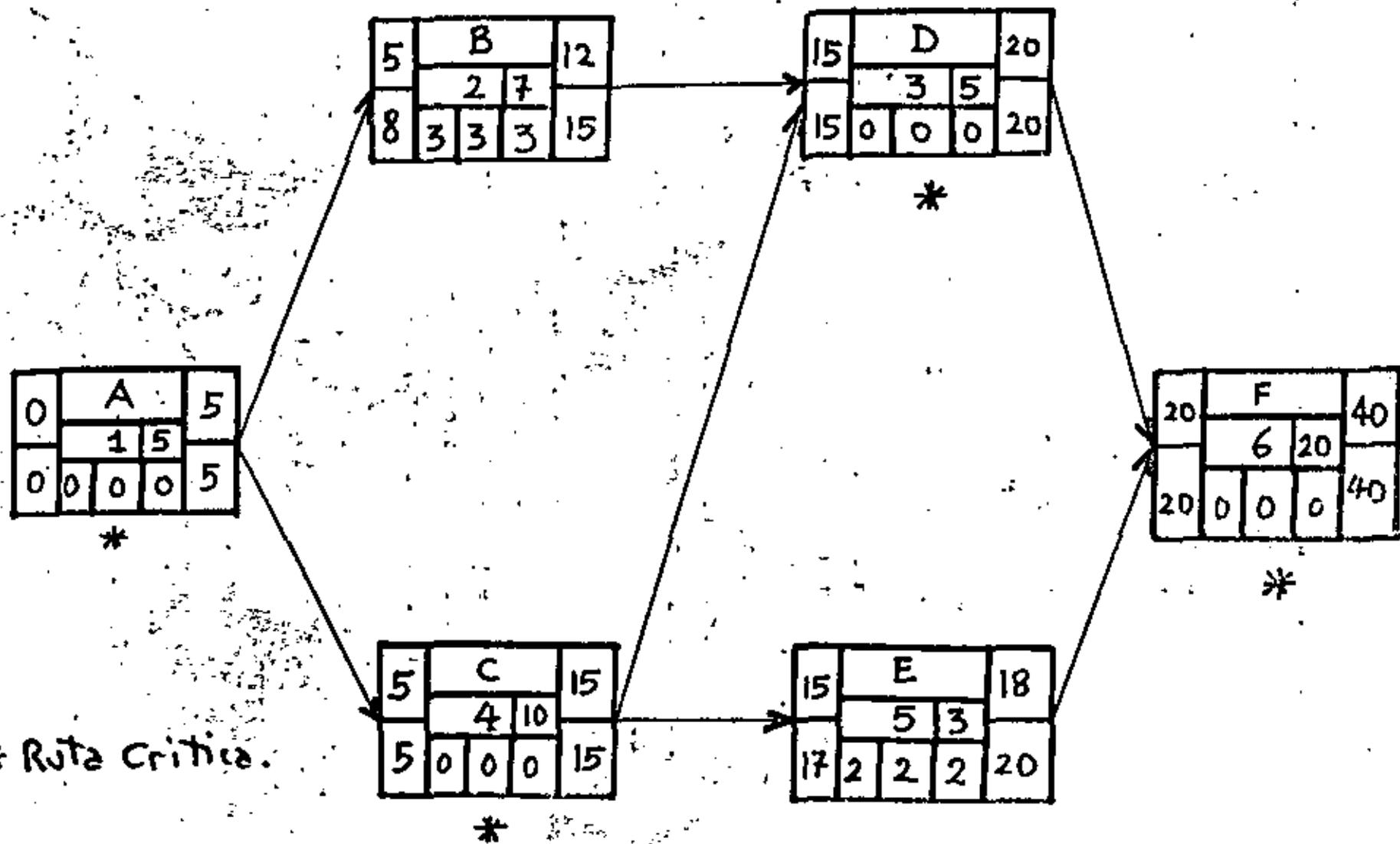
$$MI5 = 20 - (15 + 3) = 2$$

11. COMPRESION DE LAS REDES

Como se indicó en páginas anteriores ocurre muchas veces que la duración calculada de un proyecto, no coincide con la duración de compromiso o de contrato, por lo que es necesario volver a revisar las redes de actividades para ver la forma de reducir el tiempo total del proyecto, para hacerlo igual o menor al marcado por la fecha citada de contrato.

En algunos casos es suficiente una revisión de los tiempos de las actividades críticas, que contemplados con la mira de precisar más los tiempos correspondientes, pueden ser fácilmente reducibles, con lo que el problema puede ser resuelto de inmediato.

Debe sin embargo, ponerse especial atención en el hecho, de que en muchos casos la diferencia en el tiempo total entre la Ruta Crítica y la primera Subcrítica puede ser muy pequeña, es decir, que la Holgura Total de la Subcrítica puede ser solamente de uno a dos días y que al reducir en esa misma cantidad el tiempo total de la Ruta Crítica, la Subcrítica se vuelve Crítica también y debe ser analizada en una forma semejante, siendo así ya necesario reducir simultáneamente las dos Rutas, para poder disminuir el tiempo total del proyecto.



* Ruta Critica.

Un criterio que es interesante destacar es el de que en muchos casos al estimar el tiempo medio de una actividad que está en serie con otras actividades, consideramos ciertas condiciones particulares que son posibles en cada una de dichas actividades por separado, como por ejemplo, la contingencia de que en cualquiera de las mismas se presente lluvia. Analizando cada una de las actividades por separado esto es admisible y lógico, pero al estudiar el problema en su conjunto debe hacerse un reajuste de los tiempos. Si tenemos por ejemplo tres actividades en serie, en cada una de las cuales existe una probabilidad de que llueva de 0.8 y dado que la posibilidad de lluvia en cada caso es independiente de la posibilidad de lluvia en el conjunto de las tres actividades en serie es de: $0.8 \times 0.8 \times 0.8 = 0.51$, lo cual nos puede dar la pauta para una inmediata disminución de los tiempos de cualquiera de las actividades que forman la secuencia.

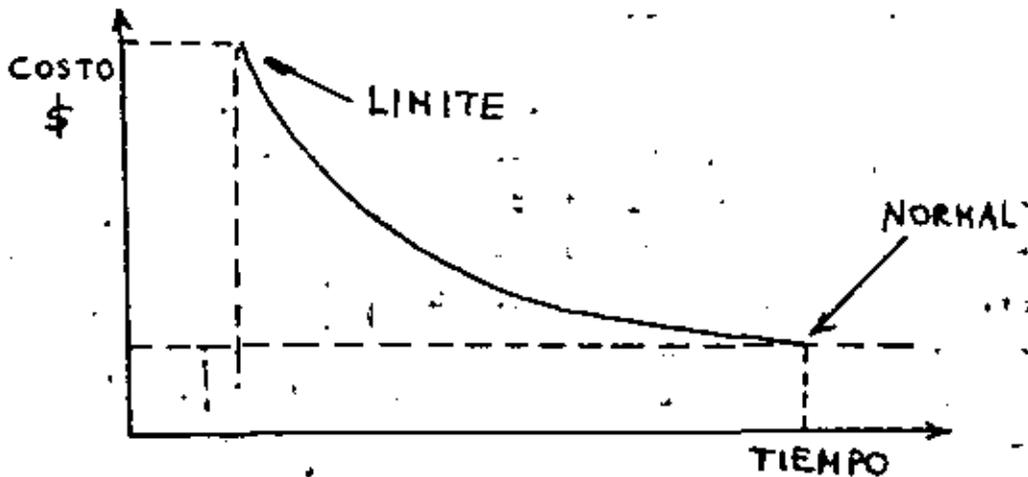
Ya sabemos que sólo una pequeña fracción de los trabajos de un proyecto son críticos y que para disminuir el tiempo total del mismo nada ganamos con acelerar las actividades no críticas. La experiencia muestra que quienes aceleran un trabajo sin la ayuda del C.P.M. o el P.E.R.T. invariablemente desperdician una gran cantidad de dinero, acelerando trabajos que no son críticos.

Por otra parte debe comprenderse que para acortar una secuencia crítica de actividades, no es conveniente acelerar sin previo estudio una actividad cualquiera. El mismo número de días puede ser ahorrado de muchas maneras, unas más baratas y otras más caras.

Curvas de Costo-Tiempo.

Una actividad cualquiera de un proyecto puede ser ejecutada en tiempos muy diferentes según sea la organización del trabajo y los recursos que en éste se apliquen.

Con la experiencia obtenida en trabajos similares anteriores o haciendo un estudio de tiempos y movimientos de la actividad en cuestión, con criterio práctico, se pueden obtener curvas de Costo-Tiempo, como la que se muestra en la siguiente figura:



La curva mostrada es típica para la mayor parte de los proyectos y puede observarse que una actividad puede realizarse en un tiempo menor del normal, mediante incrementos casi despreciables del costo correspondiente, debido a la forma de la curva, muy aplastada en la proximidad del punto normal.

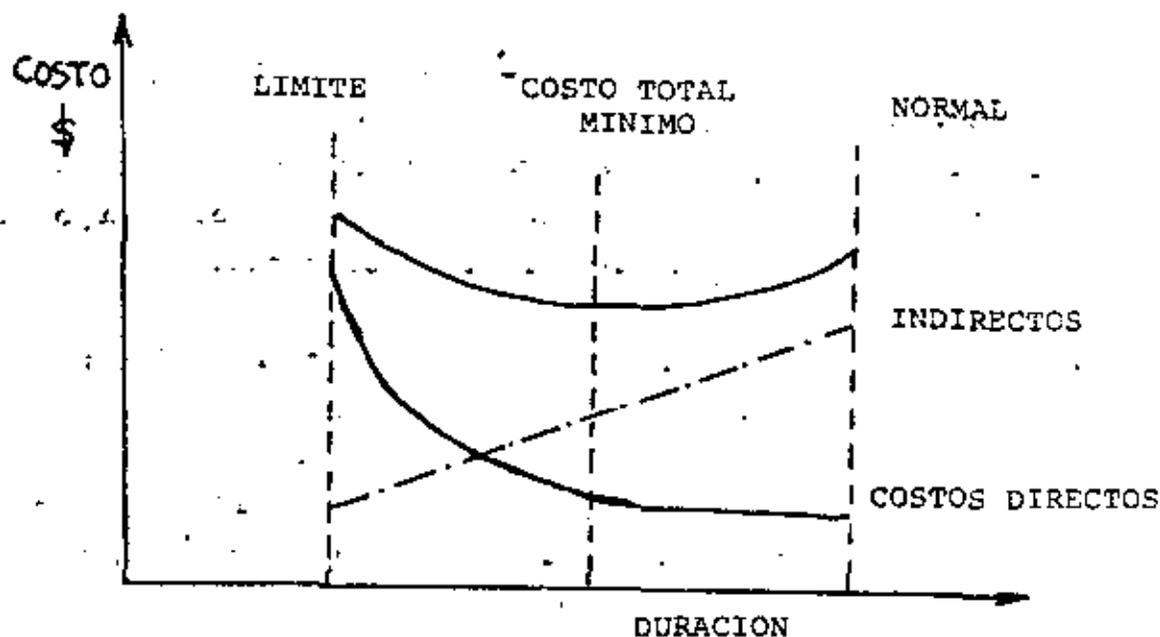
Se considera el tiempo normal, como el que corresponde a las condiciones de trabajo más efectivas, con la observación de que si el trabajo se realiza en un tiempo mayor del indicado como normal, los costos aumentarán en lugar de disminuir.

Si queremos comprimir el tiempo de una actividad y aplicamos recursos adicionales de personal, herramienta y equipo, llegará un momento en que las condiciones de trabajo

quedarán saturadas y habrá un punto en que a un incremento considerable de recursos y de costo, no representará una disminución apreciable del tiempo de terminación. Al punto indicado corresponden el tiempo y el costo límites.

Costos Indirectos.

Hasta el momento nos hemos limitado a considerar únicamente los costos directos de una actividad, sin embargo, en todo proyecto existen adicionalmente los costos indirectos o fijos. Como puede verse en la siguiente figura para cada actividad o para un proyecto completo, deben sumarse los costos indirectos y directos para obtener el costo total. Al hacer; así, el análisis de los costos de comprimir una red, los costos indirectos correspondientes al tiempo total, mientras que el cargo correspondiente al costo indirecto, disminuye.



Combinando la curva de costo directo tiempo, con la estimación de gastos fijos acumulados en función del tiempo, tenemos una curva que relaciona costo total y tiempo. Esta

curva tiene siempre su valor mínimo en un tiempo que es menor que la duración normal del proyecto.

Para optimizar el costo de un proyecto, haciéndolo mínimo, al terminar la programación inicial debe hacerse siempre un estudio de compresión, para calcular cual es el tiempo total que debe tomar un proyecto, para minimizar el costo total.

12. PLANEACION Y PROGRAMACION DE RECURSOS

En todos los casos estudiados anteriormente hemos considerado al analizar la realización completa de un proyecto, que los recursos disponibles son infinitos, es decir, que la organización que va a llevar a cabo las obras o actividades, cuenta de un conjunto total de recursos superior a la suma de todos los recursos necesarios para la realización simultánea de las actividades que coinciden en el tiempo.

Puede comprenderse que esta situación no es la normal en muchos casos y principalmente en grandes proyectos y es corriente que al querer arrancar una actividad, no sea posible hacerlos por estar el personal necesario o el equipo empleados en otras actividades del mismo proyecto.

Por ello es indispensable hacer un análisis de recursos una vez que se ha terminado la planeación inicial. En muchos casos la escasez de recursos puede quedar totalmente resuelta afectando únicamente la programación del proyecto, aplazando dentro de las Holguras o Márgenes las actividades no críticas, pero en muchas otras ocasiones es necesario posponer el comienzo de algunas actividades, quizás críticas, por tener que esperar a tener personal o equipo disponibles, determinando esto, en muchos casos, el alargamiento del tiempo total del proyecto.

La forma en que en cada caso concreto se resuelven estos problemas depende de los objetivos y de las restricciones del proyecto, ya que generalmente hay muchas alternativas para resolver determinadas situaciones. Así, por ejemplo, la falta de equipo propio se puede resolver alquilando equipo ajeno y la escasez de personal especializado se puede resolver con la capacitación del personal no especializado, disponible. Cuando la limitación en el gasto no nos permite aplicar soluciones alternativas, para resolver los cuellos de botella determinados por la falta de determinados recursos, nos veremos seguramente obligados a terminar el proyecto en una fecha posterior a la prevista.

Como ya se indicó en páginas anteriores, una vez que se ha terminado la planeación de un proyecto, se tienen las bases necesarias para llevar a cabo la programación detallada del mismo. Para programar es necesario disponer de un diagrama de barras que sea producto del diagrama de Ruta Crítica y en donde todas las actividades estén dibujadas a partir de su Fecha Más Próxima de comienzo. A partir de este punto la programación se basará en la utilización mejor de los recursos disponibles, dando fechas exactas (Programación) a todas y cada una de las actividades del proyecto. La lista programada de actividades se pasará entonces, a cada uno de los encargados de la realización de las diferentes fases del proyecto, para su ejecución.

No debe nunca olvidarse de que el proceso de planeación y programación es totalmente dinámico y que debe procesarse a una revisión permanente de las redes de actividades o eventos, para mantenerlas al día, adicionando las actividades nuevas que surjan y suprimiendo aquellas que se han terminado.

La periodicidad con que deben ser revisados y actualizados los programas depende fundamentalmente de la im-

portancia de la obra y de su organización, pudiendo cambiar radicalmente de un proyecto a otro.

Es muy importante, por otra parte, que al preparar los diagramas y al formar las curvas de Costo-Tiempo, se utilicen no sólo los datos estadísticos acumulados que se tengan, sino también, y en forma muy especial la experiencia personal de los técnicos, sobrestantes y del personal experimentado de que disponga la organización.

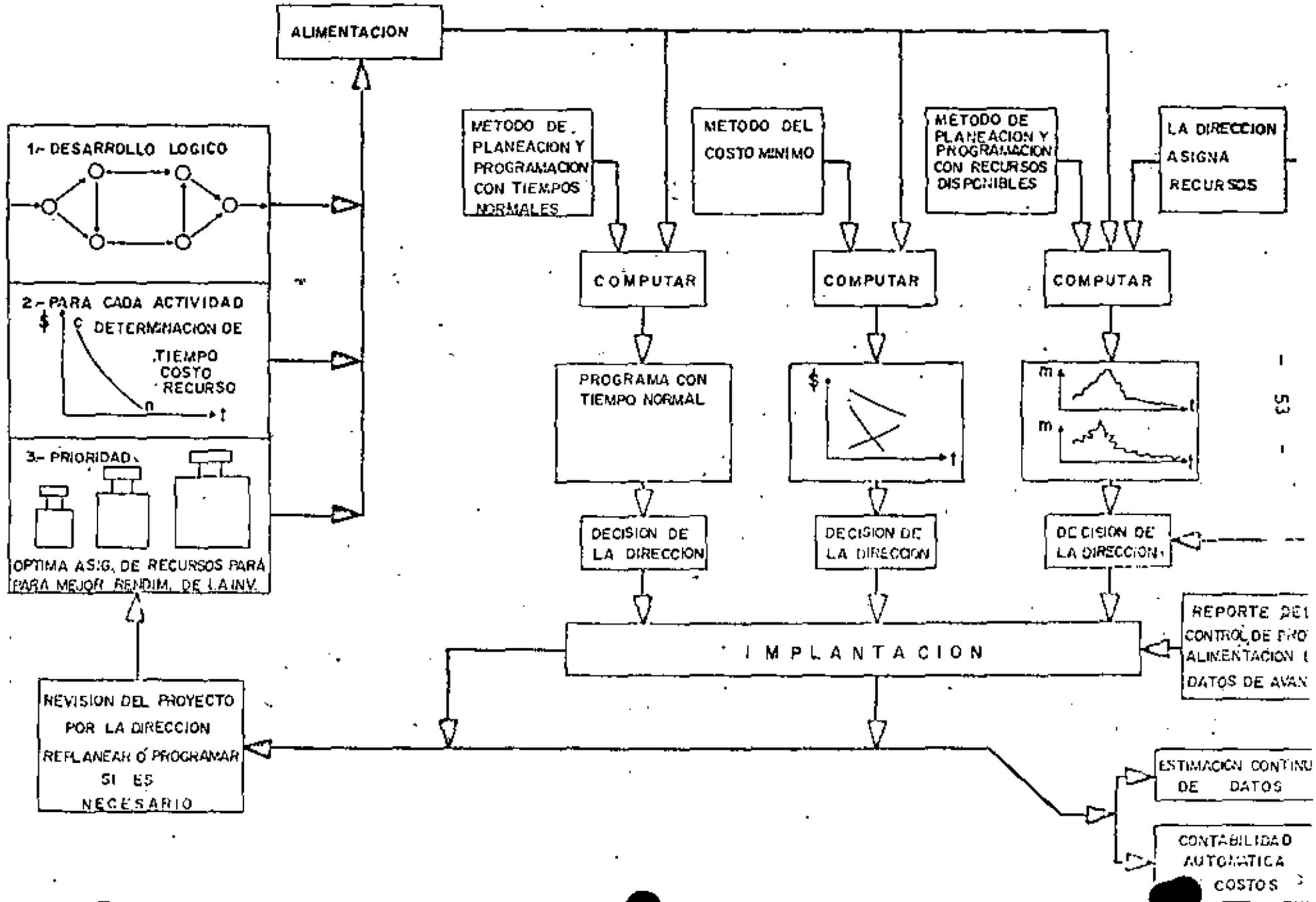
Es indudable que cuando se hace participar en la planeación y programación de los trabajos al personal que después lo va a llevar a la práctica, éste toma un interés mucho mayor y actúa con una más alta responsabilidad en el cumplimiento efectivo de las fechas establecidas, con gran beneficio para el éxito del proyecto.

En la última figura se hace un resumen de los diferentes métodos que se han explicado a lo largo de este curso. Haciendo un resumen podemos decir que el primer procedimiento es el de asignar tiempos normales y si la duración total del proyecto queda dentro del tiempo máximo especificado, seguir adelante con el trabajo. El segundo consiste en optimizar la ruta crítica, haciendo una compresión de la red, para obtener el costo mínimo posible y si éste tiempo conviene a la dirección del proyecto, seguir adelante con el mismo.

El tercer sistema es aquel que tiene en cuenta los recursos asignados al proyecto y analiza si son suficientes para la realización del mismo, ya sea con tiempos normales o con tiempos correspondientes al costo mínimo.

En los tres casos deben realizarse las iteraciones necesarias, hasta que la dirección del proyecto acepte los tiempos y los costos calculados, sin olvidar que en

todos los casos está implícito la obligación del mantenimiento de la calidad convenida en las especificaciones del proyecto.



BIBLIOGRAFIA.

Project Management with CPM and PERT
Moder and Phillips
1964

Reinhold Industrial En-
gineering and Management
Sciences Textbook Series
New York

Determinación de la Ruta Crítica.
R. L. Martino
1965

Editora Técnica, S. A.
Dinamarca No. 60
México 6, D. F.

A Concept of Corporate Planning
Russel L. Ackoff
Edición, 1970.

Wiley International
Edition
New York

Tecnología Mecánica e Instalaciones
Odón de Buen Lozano
1967

Representaciones y Servi-
cios de Ingeniería, S. A.
Apartado Postal 70-180
México 20, D. F.

Métodos Modernos de Planeación,
Programación y Control de Proce-
sos productivos.
Melchor Rodríguez Caballero
1962

Editado por el autor
México, D. F.

I N D I C E

	Página
1.- El Proyecto -----	1
2.- La Planeación -----	4
3.- El Método del Camino Crítico -----	5
4.- La Programación -----	6
5.- Diagramas de Flechas -----	9
6.- Asignación de tiempos a las actividades del diagrama de Flechas -----	14
7.- Cálculo de un diagrama de flechas -----	17
8.- Ejemplo de preparación de un diagrama de fle chas -----	28
9.- Cálculo de diagramas de flechas en computado ra y en forma manual -----	31
10.- Cálculos de diagramas de ruta crítica con ac tividades en los nodos -----	37
11.- Compresión de las redes -----	44
12.- Planeación y Programación de recursos -----	49
BIBLIOGRAFIA -----	54



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

CONSIDERACIONES GENERALES

ING. ODOM DE BUEN LOZANO

JULIO, 1980



MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

CONSIDERACIONES GENERALES.

Las actividades principales de la Ingeniería son las siguientes:

Investigación aplicada (Desarrollo). En esta actividad el ingeniero trabaja en las fronteras de la actividad del científico y del ingeniero, aprovechando los descubrimientos realizados por éste, para desarrollar nuevos dispositivos y procedimientos que le permiten la transformación de la naturaleza, para servicio de la sociedad. La diferencia fundamental entre el trabajo del científico y del ingeniero es que el primero realiza su trabajo sin un fin utilitario, buscando el descubrimiento de las leyes que gobiernan a la naturaleza. El ingeniero, en cambio, cuando realiza un trabajo de investigación, lo hace para resolver problemas concretos, empleando los conocimientos científicos y la metodología de la ingeniería.

Docencia. La docencia, en todas sus fases tiene por objeto la transmisión del conocimiento recibido por una generación a las siguientes generaciones, enriqueciéndolo con los conocimientos y la experiencia adquiridos por la primera. En la época actual más que en ninguna de las anteriores, por la velocidad del desarrollo científico y tecnológico, más que transmitir el conocimiento en forma directa, aunque lo haga en cierta escala, el maestro debe enseñar al alumno cómo y dónde adquirir el conocimiento que necesita y la metodología a seguir para la utilización del conocimiento en la solución de problemas concretos. Asimismo es el encargado de evaluar adecuadamente si el alumno ha adquirido los conocimientos, las habilidades y la actitud adecuada, para la solución apropiada de los problemas de la ingeniería.

Planación. La planación tiene por objeto la previsión del futuro, con el objeto de adecuar nuestra presente y futura actividad para hacer posible el alcance de determinadas metas especificadas, en un tiempo establecido. Incluye la estimación de los recursos generales necesarios para alcanzar dichas metas.

Diseño y Proyecto. La función del ingeniero de diseño es la de convertir una idea surgida para la satisfacción de una necesidad de la colectividad social, en planos, especificaciones, modelos, maquetas y procedimientos que permitan fabricar el bien o dar el servicio que se requiere.

Se hace una diferenciación entre diseño y proyecto, considerando la primera actividad como la necesaria para desarrollar máquinas, dispositivos y objetos industriales y la segunda como la indicada para el desarrollo de instalaciones, donde el proyectista selecciona determinados dispositivos y máquinas para formar unidades productivas, sencillas de construir, montar, operar y mantener y con la adecuada confiabilidad y disponibilidad, instalando equipos redundantes en aquellas partes de la instalación en que las necesidades del servicio y la economía de la operación lo aconsejen.

Construcción y montaje. Los ingenieros dedicados a esta actividad son los que a partir de los planos, especificaciones, modelos, maquetas y procedimientos, desarrollados por los ingenieros de diseño y proyecto, llevan a cabo el armado de los equipos en el terreno, verifican el montaje de los mismos, hacen la instalación de los equipos auxiliares, como tanques, válvulas, tuberías, charolas, cables, estructuras, tableros, etc., y realizan finalmente las pruebas y puesta en servicio de las instalaciones, para garantizar que cada uno de los equipos y dispositivos y la instalación en su conjunto, estén trabajando de acuerdo con especificaciones. En muchos casos personal de esta área se encarga de la inspección en fábrica de los equipos en sus diferentes fases de fabricación; en otros casos este trabajo está a cargo de personal especializado adscrito a otras partes de la organización.

Operación o Producción. El personal de esta área es el encargado del manejo de los sistemas productivos para la obtención de bienes o servicios. Su función es la de que los sistemas operen eficientemente dentro de las especificaciones y tolerancias y que a su vez los servicios o productos se generen dentro de sus

propias tolerancias y especificaciones.

Mantenimiento o Conservación. La responsabilidad del grupo que desarrolla esta función es la de garantizar que las máquinas, edificios y servicios de una unidad productiva se encuentren permanentemente en condiciones normales de funcionamiento y disponibilidad.

Como se verá más adelante, el área de trabajo del grupo de mantenimiento varía bastante entre diferentes organizaciones y empresas, ya que este grupo ejerce en muchas ocasiones funciones de diseño y proyecto, de construcción y montaje, de operación de los servicios generales de la planta industrial (Energía eléctrica, vapor, aire comprimido, etc.) y funciones de control de la vigilancia y seguridad de las instalaciones, entre otras.

Por otra parte, en algunas empresas, ciertos trabajos de conservación lo realizan otros departamentos diferentes al de mantenimiento, así, por ejemplo, en ciertas fábricas el mantenimiento de edificios lo lleva a cabo el Departamento Administrativo y los trabajos de mantenimiento pesado de las instalaciones que requieren numeroso personal y equipo especial, los realiza el organismo de construcción.

Ing. Odón De Buen L.

3.1. Solicitudes de trabajos de Mantenimiento y su autorización.

La ley fundamental es que todo trabajo de Mantenimiento debe originar un documento. En casos de urgencia, puede realizarse el trabajo pero con la idea de hacer una orden de trabajo lo antes posible. Toda solicitud debe ir firmada por un responsable especificando fecha, cuenta de cargo, descripción del trabajo, etc. Suele incluirse en estas formas una estimación del costo del trabajo para determinar quién autoriza la realización del trabajo. Cada empresa debe desarrollar su forma de solicitud que muchas veces se convierte posteriormente en la orden de trabajo.

La figura que anexamos es un ejemplo bastante completo de lo que debe contener una orden de trabajo.

ORDEN DE TRABAJO No.

No.

REPORTE

Solicitado por _____ Fecha _____

Sección _____ Máquina _____ No. _____

Descripción del Trabajo Solicitado _____

URGENTE

NORMAL

Fecha en que se necesita: _____

Reportó _____ Aprobó _____ Recibió _____

MANTENIMIENTO

MEJORA

REPOSICION

INSTRUCCIONES

Defecto Observado _____

Programación _____

Instrucciones al Taller _____ Inc: _____

Term: _____

ESTIMACION TOTAL

MECANICA	ELECTRICO	Horas Reg _____	Costo promedio por hora _____	Costo total mano de obra _____	Materiales \$ _____
TUBERIA	CARPINTERIA				
TRANSPORTES	PINTURA	Horas Ext. _____	\$ _____	\$ _____	Mano de obra \$ _____
MAQUINADO	ALBAÑILERIA	Total Horas Nominales _____			
CILINDROS	PATIOS				Suma Total \$ _____
SOLDADURA					

Vo. Bo. Trabajo Recibido _____ Supervisor _____ Ing de Mantenimiento _____

M A T E R I A L E S

REVERSO

Vale No.	Descripción del Material	Importe

M A N O D E O B R A

Fecha	No. de Oper.	DE	A	DE	A	Trabajo Efectuado

Fecha	Operarios	DE	A	D E M O R A S	Vo. Bo. I

Observaciones

El procedimiento de aprobación: El trámite de aprobación debe-
 ir de acuerdo con el organigrama del Departamento. Para facilitar
 las cosas suele hacerse una tabla del tipo:

PUESTO QUE AUTORIZA	TIPO DE TRA BAJO	SOLICITADO POR	OBSERVACIONES
El mismo	Emergencia	Supervisor de Mantenimiento	Verbal
Supervisor de Mantenimiento	Reparaciones meno res. Ajustes-Mante nimiento preventi vo.	Supervisor de producción	con solicitud
Jefe de Man- tenimiento	Reparaciones ma- yores.	Supervisor de mantenimiento	Con estimación de costos.
Gerente de producción.	Proyectos-Redispo- siciones.	Ingeniería de Fábrica.	Estudio de Facti bilidad aprobado.

El procedimiento para informar acerca del tiempo:

Es imprescindible hacer un buen cargo del tiempo empleado en
 las distintas actividades de Mantenimiento para que tengan sentido
 los informes de costo. Hay varios procedimientos para ello:

1. Relojes checadores de tarjetas de los operarios colocados en
 varias áreas de la fábrica.
2. Anotación de tiempos por cuenta del supervisor.

SELECCION DE MAQUINARIA.

La compra de maquinaria, ya sea para reemplazar a otra vieja o que se trate de una nueva instalación, interesa a varios departamentos de la fábrica entre los cuales podemos citar :

- | | | | |
|---------------|--------------------------|------------------|---------------|
| 1. Producción | 2. Control de Producción | 3. Mantenimiento | 4. Ingeniería |
| 5. Compras | 6. Finanzas | | |

los cuales deben ser consultados antes de tomar cualquier decisión.

En empresas grandes donde los ejecutivos deben disponer su tiempo entre varias actividades, se reúne al comité. Es decir que cada uno de los departamentos citados nombra a un representante, los cuales se reúnen periódicamente para tratar todos los asuntos relacionados con la maquinaria.

MAQUINARIA PARA UNA FABRICA NUEVA.

Es un problema esencialmente diferente al de sustitución por estar vieja que veremos más adelante. Sin ser muy común, lo que sí puede llegar a serlo es la elección de maquinaria para un producto nuevo.

Los pasos a seguir son :

- 1.- Obtener las especificaciones del producto y hacer una lista de los materiales, piezas, etc., que se necesitan con planos de las mismas.
- 2.- Determinar el volumen a fabricar.
- 3.- Hacer diagramas de las operaciones para las piezas, submontajes y montaje final.

- 4.- Hacer lista de Operaciones por clase de maquinaria en la que se realizarán.
- 5.- Obtener estimación sobre tiempos St. de las operaciones. Calcular capacidad diaria de las máquinas que se supone se instalarán y determinar el número de ellos.
- 6.- Escoger los tipos de máquinas o marcas y tamaños que son más apropiados, tratando de mantenerse en la misma línea de las existentes.
- 7.- Estudio de la disposición de la maquinaria. Tener presente aspectos de nivelación, resistencia de pisos, Etc.

FACTORES BASICOS PARA EL REEMPLAZO DE MAQUINARIA.

Tanto si las máquinas se reemplazan de acuerdo con un programa, como si sólo se hace cuando surge algún problema relacionado con la fabricación (calidad, cantidad, nuevos productos, Etc.), es necesario realizar algún plan de investigación. Este plan consistirá en hacer una lista de puntos que sirvan para evaluar la maquinaria existente, y la propuesta desde el punto de vista de la conveniencia técnica y el costo.

A. Factores Técnicos :

1. ¿Está desgastada o es vieja?
2. ¿Es inadecuada por veloc., calidad, resistencia?
3. ¿Carece de los controles, accesorios especiales y dispositivos de seguridad de los maqs. más modernas?
4. ¿La máquina propuesta hará además de los trabajos de la vieja algunos extras?
5. ¿Se aumentará la automatización?
6. La máquina nueva tendrá ventajas desde el punto de vista de facilidad

de preparación del trabajo, comodidad, seguridad, mantenimiento?

FACTORES DE COSTO.

1. Costo actual de mantenimiento relacionado con el costo de mantenimiento de la maquinaria propuesta.
2. Costo de modificación de la maquinaria vieja.
3. Posibilidad de disminuir el desperdicio. (Productividad de los materiales).
4. Calidad de la mano de obra requerida.
5. ¿Podrá reducirse el No. de operarios para igual producción?
6. Vida útil estimada.
7. Periodo de Recuperación del Capital Invertido = $\frac{\text{Inversión}}{\text{Utilidad}}$
8. En caso de cambios de diseño ¿ la máquina servirá ?
9. ¿Ahorrará espacios?
10. ¿ Se dispone de fondos? ¿ Puede financiarse?

Todos estos puntos tienen una adaptación especial a la industria de que se trate, pero en forma general, son comunes a muchas.

ESTUDIOS SOBRE REEMPLAZO.

Se han desarrollado diferentes fórmulas para este problema pero ninguna es totalmente satisfactoria. No es fácil encontrar un método de teoría correcta y lo bastante sencillo para su aplicación práctica.

Ciertos métodos tabulares tienen la ventaja de hacer intervenir todos los factores, de manera tal, que se realiza un cálculo seguro.

El método que veremos a continuación es de esta clase. Consiste en hallar los costos totales (por lo general anuales) para fabricar la cantidad deseada para las alternativas que se comparan.

Sea

I = Inversión en la maquinaria existente o propuesta. Para la propuesta, es el costo instalada y en condiciones de funcionamiento. Para la existente, es el valor realizable cualquiera sea el valor de libros.

A = % Anual admitido sobre el capital invertido.

B = % Anual asignado a impuestos, seguros, etc.

D = % Anual asignado a Depreciaciones.

C = Costo anual de conservación (mantenimiento)

E = Costo anual de energía eléctrica, fuerza matriz o suministros.

F = Costo anual del espacio asignado a las máquinas.

M = Costo anual del material.

L = Costo anual de Mano de Obra Directa.

Y = Carga fija total por año $Y = I(A + B + D)$

R = Carga total por año para producir la cantidad deseada.

$$R = Y + C + E + F + L + M$$

Se usan subíndices para comparar lo propuesto con lo existente.

El Inversión sobre el capital invertido es un punto que requiere especial atención.

Este método supone que A y B se calculan sobre valores depreciados linealmente.

O sea que A y B hay que calcularlos sobre valores medios.

Si A' es el apropiado % anual admitido y N la vida estimada en años, entonces

$$A = \frac{1}{2} A' \left(\frac{N+1}{N} \right) \text{ es decir } N=1 \therefore A=A'$$

$$N=2 \therefore A=3/4 A'$$

si N es grande, A tiende a ser

$$\text{igual a } \frac{1}{2} A'$$

Ejemplo No. 1: Una fábrica de muebles estudia reemplazar dos máquinas viejas por otra más moderna y automática. La nueva cuesta \$120,000.00, siendo su vida estimada de 3 años con un rendimiento del 15% sobre la Inversión Media. Las viejas -- costaron \$65,000.00 cada una y se compraron hace 5 años. La vida útil se estimó en 10 años y, por lo tanto, su valor de libros es de \$32,500.00 cada una, aunque su valor realizable es de \$17,500.00 cada una. Las cargas fijas sobre las máquinas existentes se considerarán sobre su valor realizable suponiendo que le quedan 3 años de vida, con un interés de 15% sobre la inversión media. La maquinaria vieja requiere un operario por máquina. La nueva también. Debe considerarse un 2% para seguros e impuestos.

$$A = \frac{1}{2} \times 0.15 \left(\frac{3+1}{3} \right) = 0.10$$

$$B = \frac{1}{2} \times 0.02 \left(\frac{3+1}{3} \right) = 0.013$$

Maquinaria Existente	Símbolo	Maquinaria Nueva
\$ 35,000.00	I	\$ 120,000.00
0.10	A	0.10
0.013	B	0.013
0.333	D	0.333
0.446	A+B+D	0.446
$35,000 \times 0.446 = 15,610.00$	Y	$120,000 \times 0.446 = 53,520.00$
5,000	C	3,500.00
3,500	E (Energía)	3,100.00
800	F (Espacio)	400.00
- -	M	- -
134,000.00	L (Mano de Obra)	67,000.00
\$ 158,918.00	R	\$ 127,520.00

En consecuencia convendrá realizar el cambio por la máquina nueva, pues tendremos un ahorro anual de \$ 31,390.00 y además se garantiza un A del 10%.

Ejemplo No. 2: Por ampliaciones una compañía que fabrica piezas para la industria automotriz necesita 32 tornos más de 1 huso, que cuestan \$960,000.00. Un operario atiende 4 tornos. Se ha sugerido adquirir tornos de husos múltiples siendo entonces necesario solamente 6 tornos que cuestan \$1.200,000.00, siendo necesario en este caso un operario por torno. Se estima que ambos tipos de tornos tienen una vida útil de 5 años con un interés del 25% sobre la inversión media y un 3% asignado a seguros e impuestos.

$$A = \frac{1}{2} \times 0.25 \left(\frac{5+1}{5} \right) = 0.15$$

$$B = \frac{1}{2} \times 0.03 \left(\frac{5+1}{5} \right) = 0.018$$

31 Tornos de 1 huso	Símbolo	6 Tornos Husos Múltiples
\$960,000	1	120,000
0.15	A	0.15
0.018	B	0.018
0.20	D	0.20
0.368	A+B+D	0.368
960,000 x 0.368 = 353,280	Y	1.200,000 x 0.368 = 441,600
65,000	C	60,000
55,000	E	49,500
22,000	F	18,000
- - -	M	- - -
(6 operarios) 949,000	L	(6 operarios) 711,750
\$1,444,288	R	\$1,280,850

En consecuencia la compra de los tornos automáticos proveerá una economía anual de \$ 163,436.00

En realidad, este es un problema de Selección de maquinaria más que de Reemplazo. En vista del resultado obtenido, podría pensarse en analizar la conveniencia de reemplazar los tornos que la fábrica ya tiene, por otros de husos múltiples. Para ello habría que determinar el precio de venta (I) de los tornos usados y desarrollar el cálculo en forma análoga.

El método explicado es independiente de los métodos generales de contabilidad y calcula la depreciación en forma lineal. Puede incluirse un parámetro T que es el costo de la mano de obra indirecto. No lo hemos incluido debido a que en general no varía. Es de hacer notar que no es correcto suponer que la economía de mano de obra indirecta sea proporcional a la directa.

Estos estudios se hacen basándonos únicamente en el costo. Pero puede existir muchas otras razones en la decisión como son: calidad, imagen en la compra, publicidad, intangibles, etc.

INDICES QUE PUEDEN ACOMPAÑARSE A ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

$$\text{1ro. Rentabilidad} = \frac{\text{Utilidad}}{\text{Capital \& Inversión (para un equipo)}} \quad (1)$$

* Recordando que : Activo = Pasivo

$$\text{Activo} = \text{Capital} + \text{Pasivo Exigible} = K + P.E.$$

$$\therefore K = A - P.E.$$

Reemplazando en (1)

$$R = \frac{\text{utilidad}}{A - P.E.}$$

Esta fórmula nos permite enunciar un principio financiero muy importante. A efectos de maximizar la Rentabilidad, se deberá tratar de trabajar con activos mínimos. Naturalmente que mínimos significa que no sean excesivos, pero no que sean tan bajos que ya no generen los ingresos necesarios. O sea que a igualdad de ingresos, hay que tratar de tener los menores activos posibles. En consecuencia se deberá tratar de trabajar con un mínimo de cuentas por cobrar, de inventarios, de máquinas, Etc.

En empresas normales, la Rentabilidad comúnmente aceptada es del orden del 10 al 20% en dinero constante.

2.- Período de Recuperación del Capital Invertido (P.R.C.I.)

$$\text{P.R.C.I.} = \frac{\text{Inversión}}{\text{utilidad/período}} = \frac{1.000.000 \$}{250.000 \$/\text{año}} = 4 \text{ años}$$

Como su nombre lo indica, nos da el tiempo en el cual se recupera la inversión realizada.

3.- Índice de Endeudamiento

$$I. \text{ de E.} = \frac{\text{Pasivo Exigible}}{\text{Pasivo Total}} = \frac{\$ 100,000}{\$ 400,000} = 0.25$$

Significa que por cada \$100, que tenemos como financiamiento, \$25.00 provienen de terceros (bancos, proveedores, etc.).

Este índice puede ser importante pues hay empresas que fijan un límite muy rígido a éste índice de manera tal que en oportunidades se deben desechar proyectos para no pasarse del límite.

Además los bancos antes de prestar dinero, calculan este índice.

Se considera como normal un índice del endeudamiento cercano al 50 %. Valores mayores indican que la empresa no tiene mucha solvencia de pago.

4.- Rotación del Patrimonio

$$R. \text{ del P.} = \frac{\text{Ventas}}{\text{Inversión}} = \frac{\$ 300,000.00}{\$ 150,000.00} = 2.$$

Significa que por cada peso de inversión por parte de los dueños, se venderán dos pesos. Se define para un período dado.

Varía este índice de 2 a 4 para empresas livianas y está alrededor de 1 en empresas de grandes inversiones.



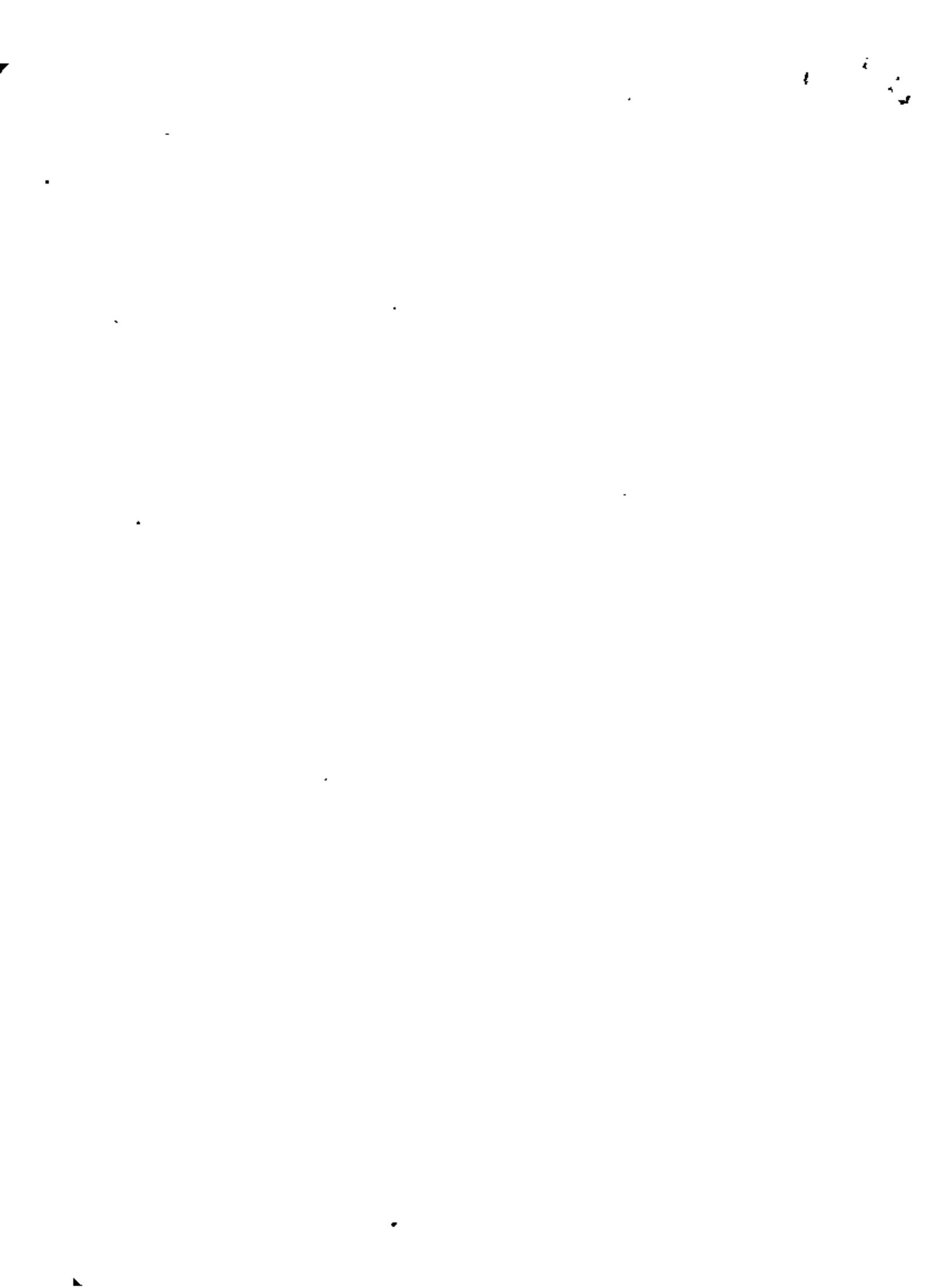
centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

PROGRAMAR TRABAJOS NO-REPETITIVOS
CON LA TECNICA DE ESTIMACION COMPARATIVA

JULIO DE 1980.



PROGRAMAR TRABAJOS NO-REPETITIVOS
CON LA TECNICA DE ESTIMACION COMPARATIVA

John Hastings

P. S. Ross y Asociados

Estimaciones de tiempo rápidas y utilizables, necesitadas para mantenimiento variado no relacionado y otros trabajos pueden ser hechas comparando cada trabajo con una lista de tareas estándares de "puesto fijo".

Si su compañía tiene pocos o ningún estandar de trabajos actuales, puede necesitar alguna base para programar la mano de obra y para medir el desempeño, la técnica de estimacion comparativa puede llenar sus necesidades. Funciona de la siguiente manera:

Se mide con precisión una selección limitada de tareas comunes utilizando un estudio de tiempos o MTM, y estas tareas son asignadas como "puestos tipo", cada una definiendo un rango o categoría, figura 1. Cuando el supervisor tiene un nuevo trabajo para el cual tiene que estimar el tiempo de la tarea, lo hace seleccionando de la tabla preparada de rangos, la tarea cuyo contenido de trabajo se asemeja más a la tarea que se va a estimar. El punto medio de los rangos de tiempo se convierte en tiempo estimado requerido para completar dicha tarea.

Si la tarea es catalogada en el rango de una a dos horas, un tiempo estimado de 1.5 horas es utilizado para propósitos de planeación.

Las siguientes suposiciones afectan a esta estimación como veremos a continuación:

- (1) Suponer que los rangos se han escogido correctamente para todas las tareas de forma que todos los tiempos estimados caegan den-

tro de los rangos correctos "x" por ciento del tiempo. Esto es "confiabilidad" del procedimiento de estimación comparativa o la confiabilidad de una categoría que representa un rango de tiempo para una tarea determinada. Por ejemplo, una confiabilidad de rango del 98% implica que 2% de los tiempos estimados cae fuera del campo de tiempo del rango. Esto puede deberse a trabajo insuficiente respecto a la descripción de las tareas de "puesto tipo" o talvés a un estimador con poca experiencia, o no haber visto las dificultades que surgen "sobre la marcha".

- (2) Suponer que los tiempos de las tareas tienen la misma probabilidad de caer en cualquier lugar del rango y así darle más valor al uso del centro del rango para el tiempo estimado de la tarea que a otras estimaciones de las tareas involucradas. Esta segunda suposición define la exactitud del tiempo utilizado, o sea qué tan precisamente se pueden estimar los tiempos de una tarea para una semana o un mes, comparado con los tiempos tomados actuales, y qué variabilidad se puede esperar en los tiempos actuales, comparados con nuestras estimaciones en el periodo de tiempo especificado.

EXACTITUD DE LA ESTIMACION COMPARATIVA

Una acumulación de información histórica derivada de los reportes de desempeño del trabajo, puede verificar la efectividad de este sistema de estimación. Se pueden hacer ajustes mayores para mejor confiabilidad o exactitud.

Es importante pensar en la exactitud en términos del costo de exactitud. MTM y los métodos de estudio de tiempos tienen costos definidos asociados a sus usos. En operaciones repetitivas, un solo análisis con buena precisión de los tiempos estándares se pagará a la larga. Sin embargo, en trabajos no predecibles o con poca repetición como ocurre en el mantenimiento, un tiempo exacto para cada trabajo es irreal y demasiado costoso para ser práctico. Por lo tanto se u-

utiliza un rango de tiempos de la tabla de rangos.

Se pueden utilizar rangos amplios o pequeños de cualquier categoría de tiempo arbitraria. Obviamente mientras más amplios sean los rangos, menos efectiva es la estimación, porque los tiempos de tareas bastante distintos del rango medio aún pueden ser asignados a dicho punto medio. Por ejemplo, si se utilizan rangos amplios, un rango típico sería 0.5 a 2.5 horas. Por lo tanto, el punto medio del rango es de 1.5 horas, confiando en que el promedio de varias ocurrencias esta es una estimación razonable. Pero si se usan rangos de tiempo menores, se puede esperar menor variación en la estimación pero esto involucra el incremento del gasto de evaluar más tareas de "puesto fijo" y mayor esfuerzo por parte del estimador para catalogar la nueva tarea a un rango de tiempo menor.

Es necesario un balance entre confiabilidad y exactitud. Puede verse que con rangos de tiempo amplios la confiabilidad mejora, mientras que con rangos menores la exactitud de la estimación mejorará, siempre y cuando el trabajo sea catalogado correctamente desde el principio.

Para determinar la exactitud esperada del método a la larga, compute la desviación porcentual del promedio ponderado para encontrar la variabilidad del promedio global. Esto está ilustrado con unos rangos específicos en la tabla I. Aquí sale aproximadamente 9.5% de variabilidad máxima, siempre y cuando todas las tareas hayan sido catalogadas correctamente (100% de confiabilidad para el estimador) y que las tareas tengan la misma probabilidad de caer dentro de cualquier categoría.

CONFIABILIDAD DE LA ESTIMACION COMPARATIVA

Suponga ahora que la confiabilidad del estimador es de 95%, o sea que el 5% del tiempo el estimador usará un valor de tiempo incorrecto; a la larga, con muchas estimaciones, estos errores se cancela-

rán pues una estimación tiene la misma posibilidad de estar por abajo o por arriba, pero en términos de la precisión de la estimación es posible que ésta pueda estar una o más categorías fuera de la correcta. Suponga para ilustrar ésto que es poco probable que una estimación estuviera por error más lejos que una categoría, ya sea hacia abajo o hacia arriba.

Considere una extracción de la Tabla I. Si la categoría correcta para ciertas tareas fuera 2.00 a 2.50, utilizando el punto medio 2.25, pero la siguiente categoría mayor fuera utilizada incorrectamente, ésto significaría utilizar el punto medio 2.75 en vez de 2.25, incurriendo en un error de :

$$\frac{2.75 - 2.25}{2.25} = 22\%$$

Para encontrar la variabilidad máxima esperada debida al uso incorrecto de una categoría se debe considerar la variabilidad entre puntos medios. Esto se muestra en la Tabla II.

Para encontrar la exactitud global esperada del sistema, los siguientes puntos deben ser considerados.

- (1) 95% de las estimaciones estarán correctamente catalogadas con una variabilidad promedio de $\pm 9.5\%$ en un periodo de tiempo dado.
- (2) 5% de las estimaciones serán catalogadas incorrectamente con una variabilidad promedio de $\pm 21.3\%$ en el mismo periodo de tiempo.

Por lo tanto, la exactitud global esperada sería de 10.1% en el periodo de tiempo especificado.

O sea:

$$\frac{5}{100} \times 21.3 + \frac{95}{100} \times 9.5 = 1.1\% + 9\% = \underline{\underline{10.1\%}}$$

COMO CONTROLAR EL DESEMPEÑO

Una de las ventajas de la técnica de estimaciones comparativas es que las medidas del desempeño pueden llevarse a cabo para cada trabajador comparando sus tiempos actuales tomados en varios trabajos con los tiempos catalogados. El desempeño del trabajador puede entonces ser expresado como porcentaje en un reporte de control de desempeño que podría elaborarse semanal o quincenalmente.

$$\frac{\text{HORAS CATALOGADAS}}{\text{HORAS ACTUALES}} \times 100\% = \text{DESEMPEÑO } \%$$

Más aún, es deseable tener una gran porción de las horas de operación disponibles en estándares catalogados. La experiencia nos indica que es recomendable tener 70 a 90 % de todas las horas de trabajo disponibles en estándares catalogados. Esto deberá lograrse en un periodo específico determinado por la Gerencia.

Para medir también este factor, el reporte de control de desempeño puede indicar horas disponibles, horas catalogadas, horas no-catalogadas, y por último el porcentaje de horas que no están dentro de estándares catalogados. Esto nos indicará qué tan cerca de los objetivos opera el sistema. O sea si el objetivo es tener 80% de todas las horas departamentales dentro de estándares catalogados, ésto se puede determinar por medio de los reportes de control de desempeño, figura 2.

Debemos recordar que los estándares catalogados son sólo estimaciones de tiempo que representan un rango de tiempos que pueden ocurrir realmente. Por lo tanto es importante, del punto de vista de la supervisión, medir el desempeño global de cada trabajador e investigar las variaciones grandes de horas estándares catalogadas, más que seguir cada uno de los trabajos que se lleven a cabo. Claro está que los trabajos particulares pueden justificar un consecutivo indivi-

dual. Es esperada la variación del tiempo verdadero contra el tiempo catalogado en trabajos individuales; lo que es significativo estadísticamente es la medida global de desempeño semanal o quincenal, pues en realidad esperamos variaciones para promediar a la larga.

PROGRAMAR CON UNA FORMA DE ORDEN DE TRABAJO

La forma de orden de trabajo, figura 3, es la fuente de información del reporte de desempeño de trabajo. Estas formas se acumulan y resumen semanal o quincenalmente, para indicar el desempeño del empleado y el total de horas catalogadas. La orden de trabajo puede ser colocada en una tabla despachadora, figura 4, que tiene una sección para cada empleado. El número total de órdenes de trabajo sobresalientes para un empleado dado, permite a la Gerencia asignar trabajos futuros a los trabajadores con menos atrasos. Este es un control visual de trabajo simple pero efectivo. Se basa en las necesidades de tiempo de trabajo catalogado y puede ayudar al supervisor a aminorar el atraso de trabajo entre los trabajadores.

Para utilizar efectivamente esta técnica el capataz o el Supervisor deben tomar un papel más administrativo en sus responsabilidades diarias. Debe esperar realizar una función más de oficina cuando menos parte del día. El tiempo podría llegar a ser aproximadamente dos horas diarias para administrar este sistema. Sin embargo se puede necesitar más personal de oficina según el número de empleados afectados y el grado de control requerido. Sin embargo, la mejora anticipada en la productividad del trabajo, debe justificar cualquier control de oficinas adicional.

Para hacer que el sistema trabaje, los supervisores deben ser capaces de (a) visualizar el contenido de trabajo en las tareas dentro de sus departamentos; (b) programar a su personal basándose en los requerimientos de tiempo catalogado y la disponibilidad de mano de obra; (c) medir el desempeño de trabajo; y (d) controlar el desempeño de trabajo investigando las grandes variaciones

de tiempo inexplicadas indicadas por los reportes de control del desempeño del trabajo.

La Gerencia debe apoyar activamente a este programa especificando el alcance que este sistema debe tener. Esto requiere que la Gerencia controle los reportes de control de desempeño, para asegurar que el alcance especificado sea obtenido. Mientras mayor sea el alcance, mayor será el potencial de productividad mejorada de trabajo. El grado de confiabilidad y exactitud debe ser especificado por la Gerencia antes de que los rangos de tiempo catalogado sean seleccionados y las tareas de "puesto tipo" sean medidas con precisión.

Por último, la Gerencia debe apreciar la intención de este sistema, de efectuar algún control sobre las actividades de trabajo que normalmente serían consideradas difíciles o demasiado caras para medirlas. Existen otras técnicas de medición de trabajo que tienen más precisión pero mayores costos. Por lo tanto la Gerencia debe determinar el balance entre el costo de un programa de medición de trabajo y los beneficios anticipados de los resultados logrados por medio de la técnica de estimación comparada.

TABLA I COMO COMPUTAR LA EXACTITUD.

Rangos catalogados típicos				
1	2	3	4	5
Límite inf. (horas)	Punto medio (horas)	Límite sup. (horas)	%Desviación	%Desviación ponderado.
0.00	0.15	0.25	67	10.0
0.25	0.40	0.50	30	20.0
0.50	0.65	0.75	15	9.8
0.75	0.90	1.00	11	9.9
1.00	1.15	1.25	9	10.5
1.25	1.45	1.60	13	18.8
1.60	1.80	2.00	11	19.8
2.00	2.25	2.50	11	24.7
2.50	2.75	3.00	9	24.7
3.00	3.25	3.50	8	26.0
3.50	4.00	4.50	12.5	50.0
4.50	5.00	5.50	10	50.0
5.50	6.00	6.50	8	48.0
6.50	7.25	8.00	10	72.5
8.00	9.00	10.00	11	99.0
10.00	11.00	12.00	9	99.0
12.00	13.25	14.50	9	120.0
14.50	16.00	17.50	9	144.0
17.50	18.75	20.00	9	168.0
	105.00			1004.7

Los puntos medios de la columna 2 se redondearon a la media hora más cercana. La desviación porcentual en la columna 4 indica la variabilidad máxima esperada en cada rango catalogado.

Para computar la desviación de los rangos por ciento promedio ponderados, multiplique cada desviación porcentual (columna 4) por su valor medio correspondiente (columna 2). Sume estos productos y divida por el total de todos los puntos medios (total de la columna 2).

Desviación promedio porcentual ponderada =

$$= \frac{(0.15 \times 67) + (0.40 \times 30) + (0.65 \times 15) + \dots + (16 \times 9) + (18.75 \times 9)}{105.0}$$

$$= 9.5\%$$

TABLA II . COMO COMPUTAR LA CONFIABILIDAD

Variabilidad entre puntos medios

A	B	C	D
Puntos medios	Diferencias máxs.	%Desviación	%Desv. Ponderada
0.15	0.25	166	25.0
0.40	0.25	62	24.8
0.65	0.50	77	50.0
1.15	0.50	43	49.3
1.45	0.35	24	34.7
1.80	0.45	25	45.0
2.25	0.50	22	49.5
2.75	0.50	18	49.5
3.25	0.75	23	74.5
4.00	1.00	25	100.0
5.00	1.00	20	100.0
6.00	1.25	21	126.0
7.25	1.75	24	174.0
9.00	2.00	22	198.0
11.00	2.25	20	220.0
13.25	2.75	20	266.0
16.00	2.75	17	273.0
18.75	2.75	15	281.0
<u>105.20</u>			<u>2,240.3</u>

Desviación porcentual promedio ponderada es $\frac{2240.3}{105.0} = 21.3\%$

o sea $\frac{(D \text{ total})}{(A \text{ total})}$

Entonces, para una confiabilidad del 95% en el sistema de estimación comparada, la desviación promedio porcentual ocurriría sólo 5% del tiempo. Es decisión de la Gerencia en este momento si es aceptable o no.

LA TÉCNICA MIDE EL DESEMPEÑO GLOBAL DEL TRABAJADOR

Reporte de desempeño

Departamento _____

Semana que termina el _____

Nombre	Horas dispon. (A)	Horas catalog. (B)	Horas reales (C)	% de desempeño (D)	Horas no catalog. (E)	% horas no catalogadas (F)
TOTALES				*		**

* calcule $\frac{(B) \text{ Total}}{(C) \text{ total}} \times 100\%$

** calcule $\frac{(E) \text{ total}}{(A) \text{ total}} \times 100\%$

FIGURA 2. El reporte de control de desempeño chequea el progreso de cada trabajador en la semana completa.

Compañía ABC Limitada		Orden de Trabajo		N° 719		
Depto. N°		Cuenta N°		Fecha		
<p><u>Trabajo que se realizará</u></p>						
Req. de Material			Req. de Trabajo			Resumen de Costo
Est.	Descripc.	Actual	Est.	Act.		Trabajo _____
						Material _____
						Total _____
						Personal
						asignado
Expedido por:			Aprobado por:			

Figura 3. Formas de orden de trabajo que también proveen la información para los records de desempeño.





centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam

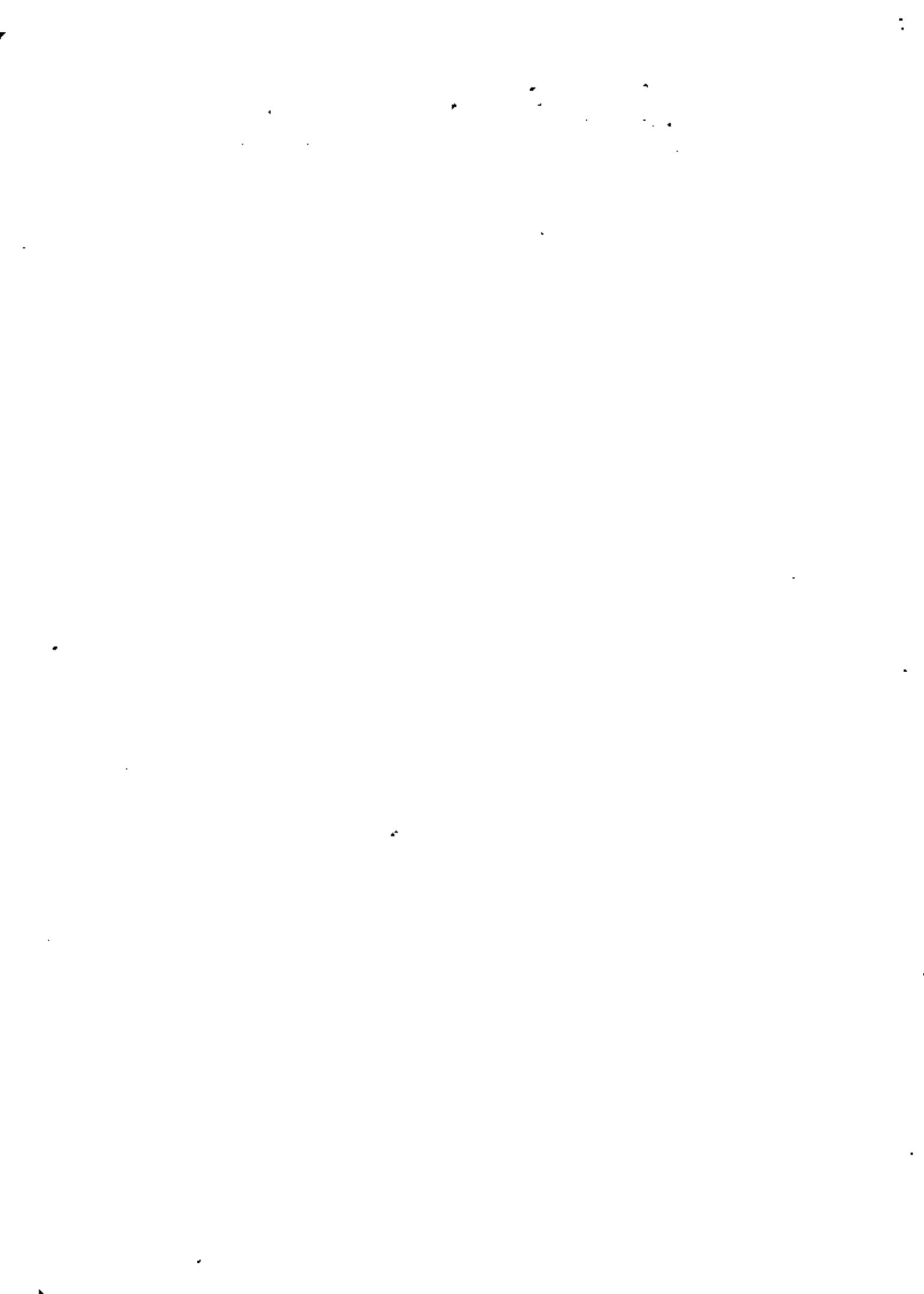


ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

DIRECCION DE PROYECTOR DE CAMINO CRITICO

ING. ODON DE BUEN LOZANO

JULIO, 1980



DIRECCIÓN DE PROYECTOS POR CAMINO CRÍTICO

1.- EL PROYECTO.

El proyecto puede definirse como el conjunto de antecedentes que permite estimar las ventajas y desventajas económicas que se derivan de asignar ciertos recursos de un país o de una empresa estatal o privada, para la producción de determinados bienes o servicios.

La palabra PROYECTO tenía en el pasado un sentido más reducido que el que se le da actualmente. Anteriormente considerábamos como proyecto a un conjunto de diseños únicamente. La influencia de la literatura de habla inglesa que se relaciona con el tema, ha ampliado el significado de la palabra y su sentido actual que sin duda ya ha tomado carta permanente de naturaleza, es el de diseño y desarrollo conjuntos.

Nosotros, aquí, usaremos la palabra Proyecto en su acepción extensa.

Un proyecto está formado por una serie de actividades que se van a ejecutar o se están ejecutando en forma coordinada. La ejecución de las actividades determina la realización escalonada de ciertos eventos.

Los proyectos pueden ser cíclicos, como el de la fabricación en serie de un producto industrial o no cíclicos como la construcción de una nueva fábrica. Los sistemas de dirección de proyectos que vamos a estudiar se aplican básicamente a los proyectos no cíclicos, existiendo otros sistemas más adecuados para controlar los procesos cíclicos.

Algunos de los riesgos y contingencias a que se enfrenta todo proyecto son asegurables; pero no lo son los que derivan de errores de estimación en los varios aspectos que

comprende el estudio del proyecto y que pueden ser de tal cuantía que conduzcan al fracaso:

Indudablemente que al enfrentarse al desarrollo de un proyecto no solo se requiere contar con la decisión para afrontar el riesgo a secas, sino también con un análisis racional de las posibilidades de éxito, basado en los mejores antecedentes y elementos de juicio disponibles.

Un proyecto es normalmente el producto del trabajo conjunto interdisciplinario de profesionales y especialistas de muy diversas ramas. La metodología que aquí vamos a estudiar es especialmente adecuada para lograr la coordinación de los esfuerzos de todos los participantes en un proyecto, con el objeto de alcanzar en forma adecuada las metas comunes.

La planeación de cualquier proyecto, en sus diversas etapas de desarrollo requiere un proceso de aproximaciones sucesivas. Durante el avance del mismo es necesario llevar a cabo un trabajo permanente de planeación y programación que conduzca en todo momento al camino mejor para el éxito del proyecto. Este proceso tiene lugar, en particular, cuando se hacen las revisiones periódicas de la Ruta Crítica, para su actualización.

Como se verá más adelante, el Método del Camino Crítico puede aplicarse a trabajos muy simples o a proyectos sumamente complejos, como son los de instalación, por ejemplo, de un nuevo proyecto industrial, en cuyo caso el procedimiento se puede aplicar, en forma general a la totalidad del proyecto, en sus etapas de: estudio del mercado, tamaño y localización de las instalaciones, ingeniería, inversiones, presupuestos y ordenación de datos para la evaluación, financiamiento y organización, hasta la entrega de los productos al último consumidor.

En el caso anterior el método se aplica a diferentes niveles y requiere la aplicación de un correcto criterio de escala para su utilización, decidiendo cuál es el nivel de detalle más adecuado en cada caso. El éxito de la aplicación del método estriba fundamentalmente en la buena selección por parte de los responsables del trabajo de planeación y programación, de dicho nivel de detalle, ya que un detalle excesivo lo convierte en engorroso y poco manejable y una falta de detalle lo hace inútil.

Por otra parte, desde el punto de vista de la aplicación del Método de Ruta Crítica un proyecto es cualquier tarea que tiene un principio y un fin definibles y que requiere el empleo de uno o de más recursos en cada una de las actividades separadas, pero interrelacionadas e interdependientes, que deben ejecutarse para alcanzar los objetivos para los cuales el proyecto fué instituido. (Definición de R.L. Martino)

Un Proyecto tiene los tres elementos siguientes:

- 1) OPERACIONES.- Que son las cosas que hacemos.
- 2) RECURSOS.- Que son los medios de que nos valemos para realizar las operaciones.
- 3) CONDICIONES O RESTRICCIONES.- Que son los factores que limitan y condicionan nuestro proyecto.

Si ponemos el ejemplo del montaje de una planta termoeléctrica para la generación de energía eléctrica, las operaciones son, por ejemplo, : los trabajos de perforación de pozos para agua, la construcción de cimentaciones para la caldera, el montaje de los tanques de combustible, etc.

Los recursos son básicamente: Personal, Entrenamiento, Dinero, Créditos, Materiales, Herramienta y Tiempo.

Las Condiciones o Restricciones son generalmente de aspecto externo al proyecto en sí, pero generalmente influyen en forma determinante en el éxito del proyecto; como son: la fecha fija de terminación de una obra, la entrega de diseños y planos, materiales y maquinaria; las limitaciones de capital o crédito; las aprobaciones, inspecciones y recepciones de los trabajos parcial o totalmente terminados, etc.

2. LA PLANEACION.

La planeación tiene por objeto la previsión del futuro, con el objeto de adecuar nuestra presente y futura actividad, para hacer posible el alcance de determinadas metas especificadas, en un tiempo establecido. Incluye la estimación de los recursos generales necesarios para alcanzar dichas metas.

La planeación la podemos dividir en: Estratégica y Táctica. En la planeación estatégica se toman decisiones que tienen efectos más permanentes y que son más difíciles de cambiar y tienen repercusiones a plazos más largos; la planeación táctica por otra parte, se realiza para acciones a más corto plazo y más fácilmente cambiables. Ambos tipos de planeación son necesarias y se complementan.

En términos generales se acostumbra dividir a la planeación en tres rangos: A corto, mediano y largo plazo. La duración de cada uno de estos rangos es variable con la rama de actividad en la que se realiza la planeación y del dinamismo con que dicha rama se desarrolle.

De acuerdo con el Dr. Russel L. Ackoff la planeación la podemos dividir en tres tipos fundamentales:

La planeación resolutoria: Que busca una solución resuelva el problema planteado, aunque no sea la mejor solución posible.

La planeación optimizada: Que busca no solamente resolver un problema sino encontrar la mejor solución posible.

La planeación adaptativa: Que adapta al sistema para resolver mejor el problema, considerando en el término sistema, tanto al organismo que tiene un problema que resolver como el medio que rodea a dicho organismo.

3. EL METODO DEL CAMINO CRITICO.

El método del Camino Crítico consiste fundamentalmente de lo siguiente:

- 1) Es una herramienta de la administración para definir y coordinar las actividades que deben ser realizadas para cumplir con éxito y a tiempo, los objetivos de un proyecto.
- 2) Una técnica que ayuda en la toma de decisiones pero no toma las decisiones por sí misma.
- 3) Una técnica que nos proporciona una información estadística que nos permite conocer qué incertidumbre existe con respecto a la terminación oportuna de las actividades de un proyecto.
- 4) Un método que permite al director de un proyecto dirigir su atención hacia:
 - a) Los problemas latentes que requieren y/o soluciones.
 - b) Los procedimientos y ajustes, en lo que se refiere al tiempo, los recursos, o el mejoramiento de la eficiencia; que permitan mejorar la capacidad que se tiene para cumplir con los objetivos propuestos.

Desde el punto de vista de este método, también denominado normalmente como de Ruta Crítica, la planeación es la primera etapa del proceso y consiste en la determinación de las necesidades de recursos del proyecto y su orden necesario de aplicación, en las diversas actividades que deben realizarse para lograr los objetivos del proyecto.

Por ejemplo, si el proyecto consiste de la instalación de una estructura metálica, el trabajo de planeación consistirá en el análisis paso a paso, de la forma en que se va a realizar el montaje, estableciendo los sistemas de trabajo que se utilizarán en cada etapa del mismo, y seleccionando el equipo de maniobra más adecuado en cada caso y la clase de personal que será necesario en cada etapa, decidiendo en qué momento se utilizarán varios turnos o se pagará tiempo extra.

4. LA PROGRAMACION.

Con los factores ya establecidos en la Planeación se procederá a realizar el programa detallado de cada una de las actividades que se van a realizar, que quedarán finalmente establecidas con fechas de calendario claramente determinadas. Esta es la Programación.

Es importante tener en cuenta al realizar los dos procesos anteriores que una obra puede terminarse en tiempos muy disímiles dependiendo de la forma y la cantidad en que se utilicen los recursos disponibles. Al hacer un programa para realizar un Proyecto el objetivo fundamental que se persigue es el de terminarlo con la mejor CALIDAD y con el menor TIEMPO y COSTO posibles.

Revisión Periódica de la Planeación y Programación

Nunca debe olvidarse que los proyectos son diná-

micos y que cualquier sistema de planeación y programación de los mismos tiene que serlo también. Muchas personas creen que todo termina con la preparación de un buen programa, que se pasa al personal técnico y administrativo para su ejecución. Esto es un gran error. Desde luego es mejor hacer un buen programa una sola vez que no hacer ninguno y avanzar en la obra a base de improvisación e intuición, pero no es suficiente.

La periodicidad de revisión de los programas, detallados del Proyecto dependen básicamente del tipo de éste y de las restricciones internas y externas del mismo y en forma muy especial de la variabilidad con el tiempo de dichas restricciones y de la incertidumbre de su ocurrencia.

Haciendo un resumen muy conciso de los diferentes métodos utilizados para el control de proyectos, podemos clasificarlos esquemáticamente de la siguiente manera:

- 1) Experiencia, Intuición, Memoria.
- 2) Diagramas de Barras.
- 3) Diagramas de Flechas, Ruta Crítica.
- 4) Combinación de Diagramas de Flechas y Estadística.
- 5) Planeación Conjunta de Diseños, Entregas de materiales y equipo y Construcciones.
- 6) Aplicación de Ingeniería de Sistemas.

Todos estos caminos llevan a un solo resultado: PREVISION y CONTROL, tenerlos nos permiten conocer en cualquier proyecto y en cualquier momento, lo siguiente:

- a) Qué es lo que hay que hacer.
- b) Cuándo va a realizarse y cuánto se va a tardar en hacerlo.
- c) Qué ha sido ya hecho.

- d) Qué se está haciendo.
- e) Qué falta por hacer.
- f) Cuál es el costo de lo realizado hasta la fecha y cuánto se estima que costará ejecutar lo que falta por hacer.

Para lograr estos controles que son totalmente indispensables para el buen control de los proyectos, el empleo de computadoras electrónicas representa un poderoso auxiliar que hace posible en la actualidad tener los controles citados en forma adecuada, por grande que sea el proyecto que se trata de controlar.

Cuando se pone un proyecto en nuestras manos para su realización debemos estudiarlo con todo detalle, para conocer perfectamente qué vamos a hacer, dónde lo vamos a hacer y cuándo se requiere que lo hagamos y cuáles son sus restricciones.

Los pasos para Planear y Programar un proyecto son los siguientes:

- 1) Hacer una relación cuidadosa del trabajo a efectuar, a partir de los planos, especificaciones, memorias y condiciones del proyecto.
- 2) Separar el trabajo en sus partes principales, analizando que CALIDAD se requiere en cada una de ellas.
- 3) Hacer el estudio de Métodos, Tiempos y Movimientos de cada una de las actividades a realizar, para encontrar el procedimiento más adecuado para llevar a cabo cada actividad y conocer la suma de recursos que se van a necesitar para su ejecución, asignando TIEMPOS a cada actividad finalmente.

- 4) Establecer la secuencia lógica necesaria, entre las diferentes actividades.
- 5) Asignar los RECURSOS disponibles a las diferentes actividades.
- 6) Calcular las fechas límite de inicio y terminación de todas y cada una de las actividades del proyecto.
- 7) PROGRAMACION de las fechas de inicio y terminación de cada una de las actividades, dentro de sus límites de tiempo, y de acuerdo con los RECURSOS disponibles.
- 8) Analizar el tiempo total resultante para la terminación total del proyecto o de una de sus partes, si así se requiere para ver si es mayor, igual o menor que el requerido. En caso de que el resultado no sea satisfactorio hacer una nueva Planeación y Programación.
- 9) Calcular los costos Directos e Indirectos del proyecto. En caso de que el costo no se considere adecuado, hacer una nueva planeación y programación o llegar a la conclusión de que el proyecto no es factible.

5. DIAGRAMAS DE FLECHAS.

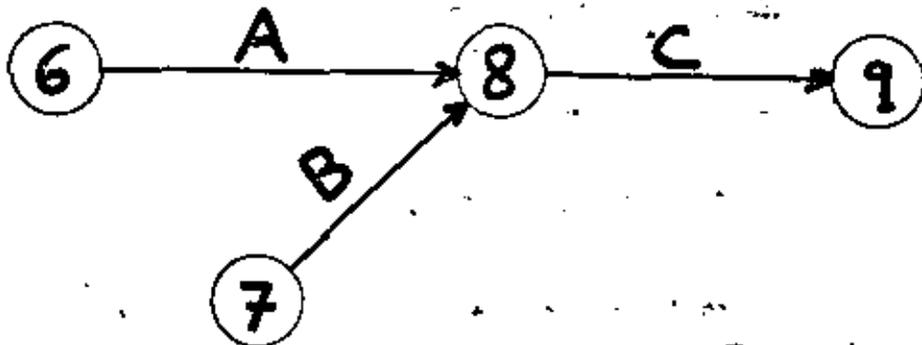
El Diagrama de Flechas es un modelo lógico del proyecto. En este diagrama cada flecha representa una diferente actividad. La longitud de cada flecha no tiene importancia, ni tampoco su dirección. La cola de la flecha representa el principio de la actividad y su punta el fin de la mis-

ma. Como se trata de un modelo lógico, la escala con que se dibuje el tamaño de la fecha no tiene importancia.

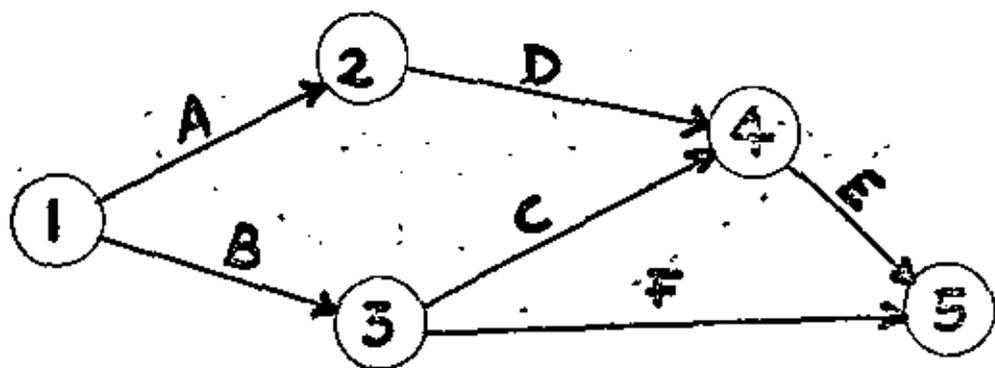
Para sacar provecho de los diagramas de flechas es necesario prepararlos siguiendo una serie de convenciones y reglas. Unos autores recomiendan unas, otros recomiendan otras y la práctica otras más, habiendo en conjunto muchas reglas comunes en las que todos están de acuerdo.

Estas reglas, por otra parte, van cambiando con el tiempo, a medida que se van desarrollando nuevos métodos o se crean nuevos programas para la solución de estos problemas, por medio de computadoras electrónicas. En nuestro caso las reglas que van a ser empleadas son las siguientes:

Regla 1. Las actividades se representan por medio de flechas. Las actividades quedan limitadas por nodos o EVENTOS que son acontecimientos que tienen lugar cuando terminan una o varias de las actividades que concurren a ese nodo o evento.



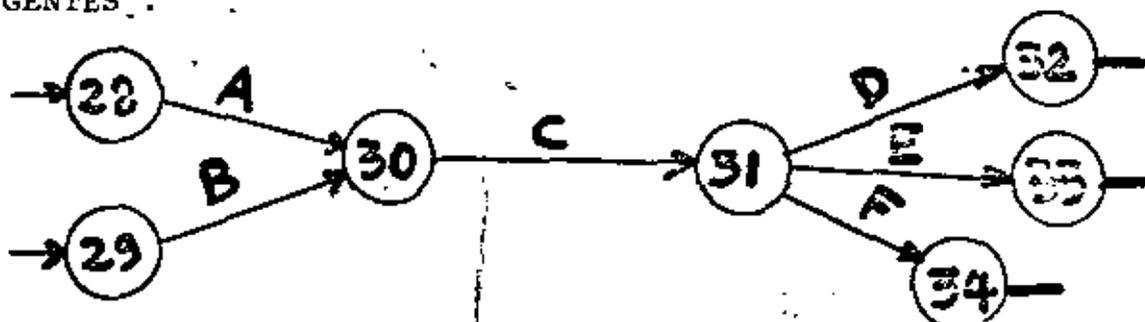
Regla 2. Se usa una flecha y sólo una para representar cada actividad, no teniendo ninguna importancia ni significación la longitud, la forma y el sentido de cada flecha. La cola representa el comienzo de la actividad y la punta el final de la misma.



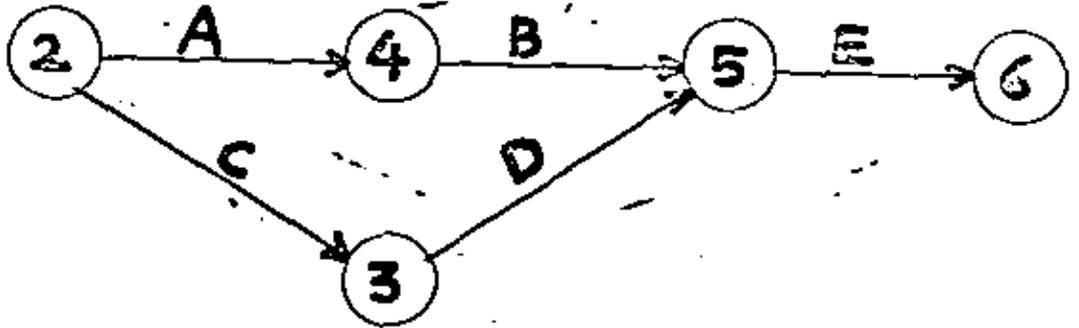
Regla 3. Cada flecha o actividad queda denominada de acuerdo con el nodo que la antecede y que la precede y la descripción de la actividad se coloca sobre la flecha misma. En el diagrama anterior la actividad "A" se denomina (1-2).

Regla 4. Para dibujar el diagrama de flechas de un proyecto lo más práctico es dibujar todas las flechas correspondientes a las actividades iniciales y avanzar hacia adelante, siguiendo la lógica del programa y estableciendo sistemáticamente todas las relaciones lógicas que existen entre las diversas actividades, hasta llegar a la actividad final.

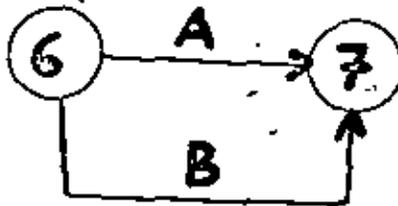
Regla 5. A los nodos en que concurren más de una actividad se les denomina "CONCURRENTES" y a aquellos de los que parten más de una actividad se les llama "DIVERGENTES".



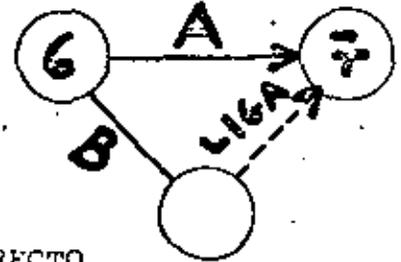
Regla 6. Antes de que una actividad pueda comenzar se deben haberse terminado todas las actividades que concurren al nodo donde dicha actividad comienza. Así, por ejemplo, en la figura siguiente la actividad (5-6) no puede ser comenzada mientras no se terminen las actividades (4-5) y (3-5).



Regla 7. Como según la Regla 2 no podemos representar a dos actividades con los mismos números y en muchos casos ocurre que hay dos actividades y sólo dos que comienzan en un mismo nodo y terminan en un mismo nodo, se utilizan las "FLECHAS DE LIGA", adicionales, que no tienen duración, pero si tienen utilidad para dar una secuencia lógica al diagrama de flechas.

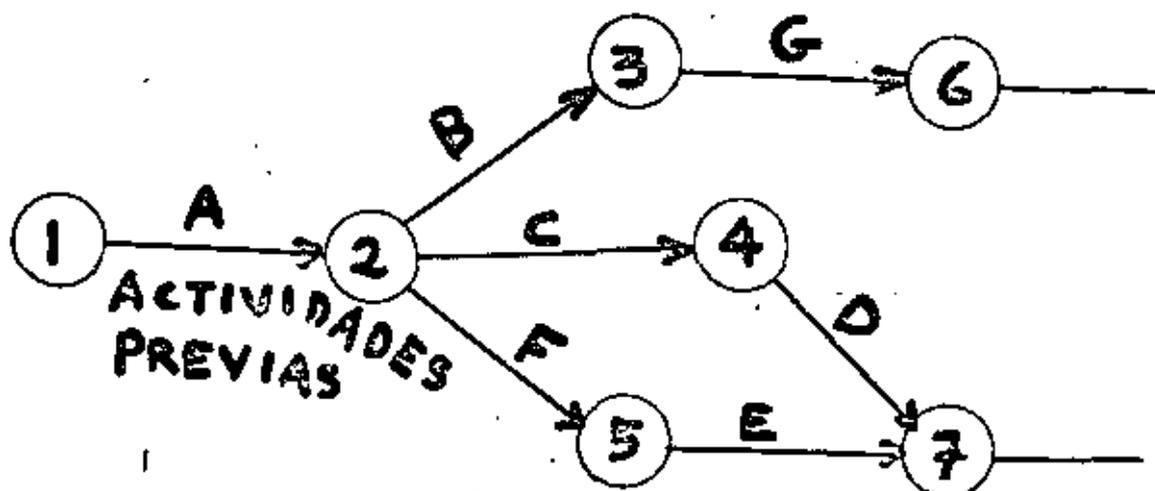


INCORRECTO



CORRECTO

Regla 8. En algunos casos es conveniente poner al principio de todo un diagrama de flechas una flecha de tiempo de iniciación o que corresponda a actividades previas del proyecto en sí. A esta flecha se le puede asignar o no, según convenga, un tiempo posteriormente.



Regla 9. Cuando se hace un diagrama de flechas debe tenerse especial cuidado en que las secuencias lógicas sean correctas. Es muy común cometer errores a este respecto.

Tenemos, por ejemplo, el caso de que exista una actividad "C" que depende de dos actividades "A" y "B" y una actividad "D", que depende exclusivamente de la actividad "A". Es fácil cometer un error dibujando el diagrama, como indica la figura siguiente:

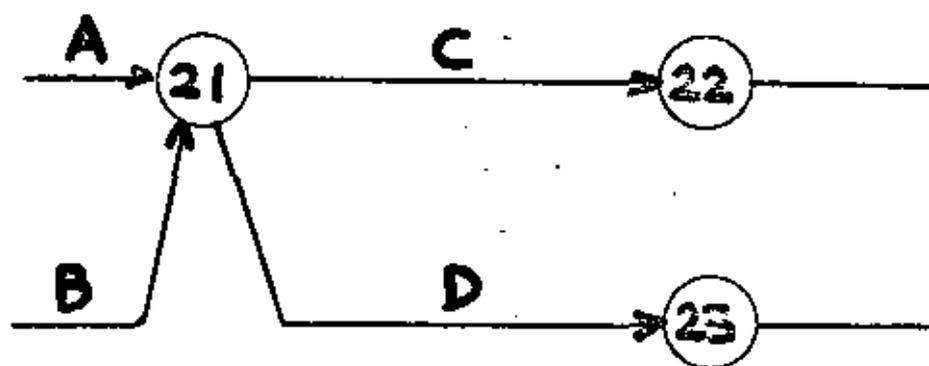
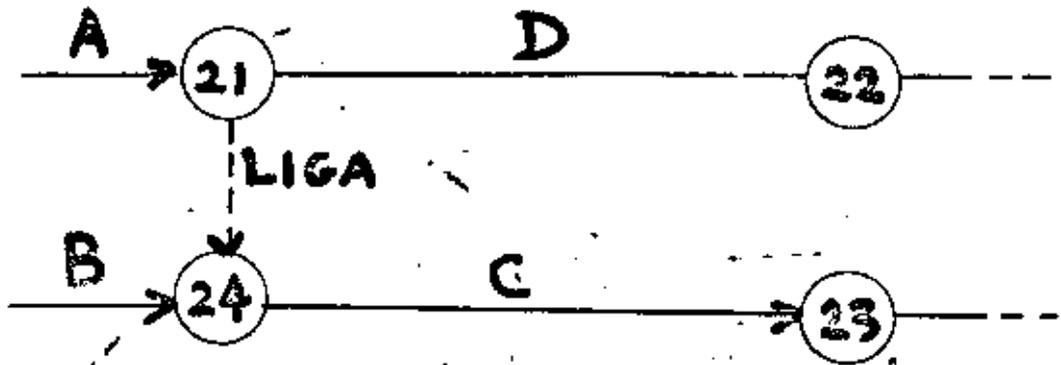


DIAGRAMA INCORRECTO

La forma correcta de dibujar el diagrama es diseñarlo tal como se indica a continuación, utilizando una flecha de liga, para dar la secuencia lógica:



Al realizar un proyecto existen siempre diferentes formas, a veces muy disímiles, de llevarlo a cabo. La preparación del diagrama de flechas y la programación posterior de las actividades nos permiten estudiar en el papel los diferentes caminos posibles de ejecución, antes del comienzo real de los trabajos, pudiéndose así escoger la mejor solución sin necesidad de realizar costosas experiencias prácticas para encontrarlo.

Por otra parte, como los diagramas de flechas sirven fundamentalmente para coordinar los trabajos de un proyecto, es indispensable que en la preparación de los mismos participen, con VOZ y VOTO, los sobrestantes, ingenieros o administradores que vayan a controlar los trabajos que se están programando. En esta forma, al tener una participación directa y viva en la preparación del programa, lo sentirán como suyo y se interesarán más activamente en su realización y se sentirán más responsables del cumplimiento de las fechas establecidas.

6. - - ASIGNACION DE TIEMPOS A LAS ACTIVIDADES DEL DIAGRAMA DE FLECHAS.

La asignación de tiempos a las actividades del diagrama se puede ir haciendo a medida que se dibuja cada flecha, o bien, se puede terminar el diagrama completo para establecer todas las secuencias lógicas y, entonces, asignar la duración a cada actividad.

En páginas anteriores hemos indicado cuál es el proceso que debe seguirse para Planear y Programar el proyecto y allí se indicó que la duración de cada actividad dependerá, básicamente, de los recursos que decidamos utilizar para su realización.

Cuando se utiliza el método conocido como "C.P. M." la asignación de los tiempos se hace basándose en la experiencia de las personas que realizan la planeación, considerando que ya han participado en actividades similares a la considerada y que pueden estimar con bastante aproximación el valor medio que tendrá dicha actividad.

Hay, por otra parte, ciertos tipos de proyectos como, por ejemplo, el desarrollo de nuevos productos o de investigación, en los que hay mucha incertidumbre acerca de la posible duración de las actividades. Para resolver este problema, se ha desarrollado una solución estadística, que es la base del Sistema "PERT" y se funda en que la distribución de probabilidades de los tiempos de duración de actividades con mucha incertidumbre, sigue la distribución conocida como "DISTRIBUCION DE PROBABILIDADES BETA", la que para ser utilizada requiere de tres estimaciones de tiempo para cada actividad:

El tiempo optimista. Es el tiempo menor en que se estima que determinada actividad puede ser realizada, o sea, el tiempo que tomaría realizarla si todo sucediera mejor de lo esperado.

El tiempo más probable. Es la mejor estimación del tiempo en que pueda realizarse una actividad, si todo ocurre normalmente.

El tiempo pesimista. Es el tiempo mayor que se estima que puede durar la actividad, o sea, el tiempo que tomaría si todo saliera mal. No debe considerarse en estos casos la posibilidad de catástrofes.

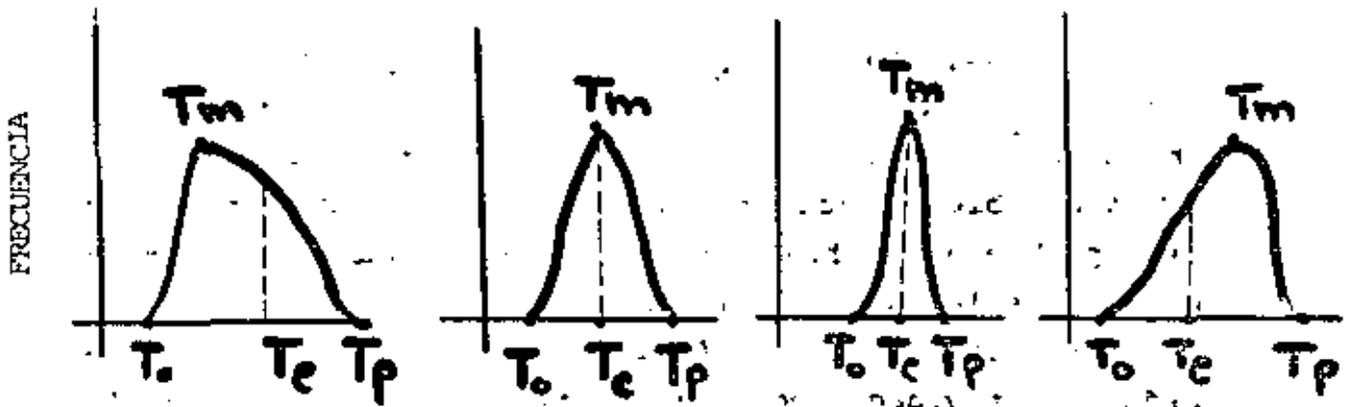
Cuando se hacen estimaciones de tiempo como las tres indicadas, se están estableciendo curvas de distribución de probabilidades como las que se indican en las figuras siguientes, donde:

T_o = al tiempo optimista.

T_m = al tiempo más probable.

T_p = al tiempo pesimista.

T_e = al tiempo esperado o medio.



Las posiciones relativas de T_e , T_m y T_p en las curvas de distribución, dependen lógicamente de los valores numéricos que hayan sido dados por el programador.

El valor de T_e para cualquier tipo de distribución como los aquí estudiados es:

$$T_e = \frac{T_o + 4T_m + T_p}{6}$$

INCERTIDUMBRE Y VARIANCIA

Cuanto mayor sea la separación entre el tiempo optimista, y el pesimista, mayor será la incertidumbre acerca del tiempo en que realmente se ejecutará la actividad. El

concepto VARIANCIA nos da una medida de la incertidumbre. Cuando la VARIANCIA es grande hay mayor incertidumbre acerca de cual será el tiempo real de realización de una actividad.

Por otra parte, la duración de una actividad es una variable aleatoria, cuya distribución de probabilidad tiene características que dependen del grado de control que se tenga de los factores que intervienen en la ejecución de la actividad.

Una actividad bien controlada tiene una Variancia chica y se tiene una menor incertidumbre acerca del tiempo real en que va a realizarse.

Al calcular los diagramas de flechas, cualquiera que sea el método que se use para dar valor a la duración de las actividades, siempre se trabaja con un solo valor, ya sea el directamente estimado o el calculado como tiempo medio, usando el sistema del PERT.

7. CALCULO DE UN DIAGRAMA DE FLECHAS.

Antes de proceder al cálculo de un Diagrama de Flechas es conveniente definir algunos términos que se usarán en los cálculos.

t = tiempo directamente estimado o tiempo medio calculado a base de T_o , T_m y T_p .

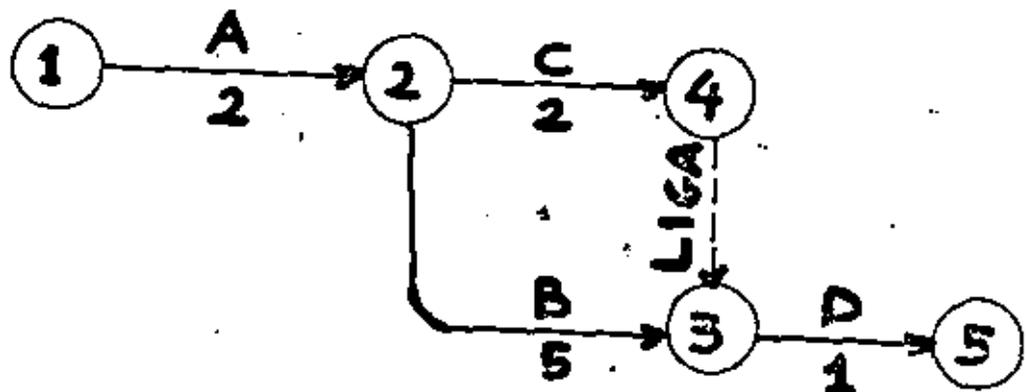
FMP = Fecha más próxima en que puede ocurrir un evento.

FML = Fecha más lejana en que puede ocurrir un evento.

CMP = Comienzo más próximo de una actividad, o sea, la fecha más próxima en que puede comenzar.

- CML = Comienzo más lejano de una actividad, o sea, la fecha más lejana en que puede comenzar.
- TMP = Terminación más próxima de una actividad, o sea, la fecha más próxima en que puede terminar.
- TML = Terminación más lejana de una actividad, o sea, la fecha más lejana en que puede terminar.
- MT = Margen total de tiempo o tiempo flotante total.
- ML = Margen libre de tiempo o tiempo flotante libre.
- MI = Margen independiente, o tiempo flotante independiente.

Para mejor comprender el proceso de cálculo vamos a considerar el diagrama elemental que se indica a continuación, en el que hemos sustituido la descripción de las actividades, por una letra mayúscula.



En este caso al evento inicial lo hemos denominado (1) y a éste le corresponde un tiempo cero. En esta for

ma los tiempos, que pueden ser días, horas, minutos, o cualquiera otra unidad de tiempo, se calculan como las edades de las personas, ya que se considera que un niño no tiene un año sino hasta que no ha transcurrido el primer año.

El cálculo de los tiempos del diagrama de flechas se hace recorriendo ésta actividad por actividad, sin dejar ninguna, hasta llegar al evento final, en un camino de recorrido hacia adelante. Después se completan los cálculos haciendo, como veremos un recorrido semejante, pero en sentido contrario, desde el evento final, hasta el inicial.

RECORRIDO HACIA ADELANTE.

Las reglas que deben seguirse para el cálculo del diagrama de flechas, en el recorrido hacia adelante son las siguientes:

- 1) La fecha más próxima en que puede ocurrir el evento inicial se hace igual a cero:

$FMP = 0$, para el evento inicial.

- 2) Se considera que cada actividad comienza en cuanto el evento anterior correspondiente tiene lugar. o sea, CMP de una actividad = FMP del evento que la precede.

- 3) En los nodos concurrentes, la fecha más próxima en que puede ocurrir el evento correspondiente al nodo en cuestión, es la fecha más alejada de las terminaciones más próximas de todas las actividades que concurren a éste nodo.

$FMP =$ Fecha más próxima de un evento, es la más alejada de las terminaciones más próximas ($TMP_1, TMP_2, \dots, TMP_n$), para un evento concurrente, con n actividades que concurren.

Aplicando estas reglas al diagrama de la página 22 tenemos:

Nodo 1. Hacemos $FMP_1 = 0$

Actividad A, (1-2).-

$$CMPA = FMP_1 = 0$$

$$TMPA = CMPA + t = 0 + 3 = 3$$

Nodo 2. $FMP_2 = 3$, ya que antes del nodo 2 existe únicamente la actividad "A".

A continuación podemos seguir los cálculos por cualquiera de las dos rutas posibles, por 2-3, ó por 2-4; en este caso seguiremos por 2-3.

Actividad B, (2-3).-

$$CMPD = FMP_2 = 3.$$

$$TMPB = CMPB + t = 3 + 2 = 5$$

Nodo 3. $FMP_3 = TMPB = 5$

Actividad D, (3-5).-

$$CMPB = FMP_3 = 5$$

$$TMPD = CMPD + t = 5 + 1 = 6$$

Actividad C, (2-4).-

$$CMPC = FMP_2 = 3$$

$$TMPC = CMPC + t = 3 + 4 = 7$$

Nodo 4. $FMP_4 = TMPC = 7$

Actividad E, (4-5).-

$$CMPE = FMP_4 = 7$$

$$TMPE = CMPE + t = 7 + 2 = 9$$

Nodo 5. FMP_5 es el mayor de los tiempos TMP de las actividades (3-5) y (4-5) que concurren a este nodo.

Por lo tanto, $FMP_5 = 9$

Actividad F, (5-6).-

$$CMPF = FMP_5 = 9$$

$$TMPP = CMPF + t = 9 + 2 = 11$$

Nodo 6. $FMP_6 = TMPP = 11$

EL VALOR DE FMP_6 NOS DA LA DURACION TOTAL DEL DIAGRAMA DE FLECHAS.

En el caso que se pone como ejemplo, si se cumplen los tiempos de ejecución planeados, la duración total del proceso será de 11 unidades de tiempo.

RECORRIDO HACIA ATRAS

El objetivo que se persigue al recorrer el diagrama de flechas en sentido contrario al anterior es el de calcular la fecha más lejana en que puede tener lugar cada evento, y las fechas de terminación más lejana de las actividades del diagrama.

Para hacer estos cálculos se hacen las siguientes consideraciones:

- 1) La fecha más lejana en que puede tener lugar el evento final, debe ser igual a la fecha más próxima que se calculó en el recorrido hacia adelante.

Es decir:

$$FML_6 = FMP_6 = 11$$

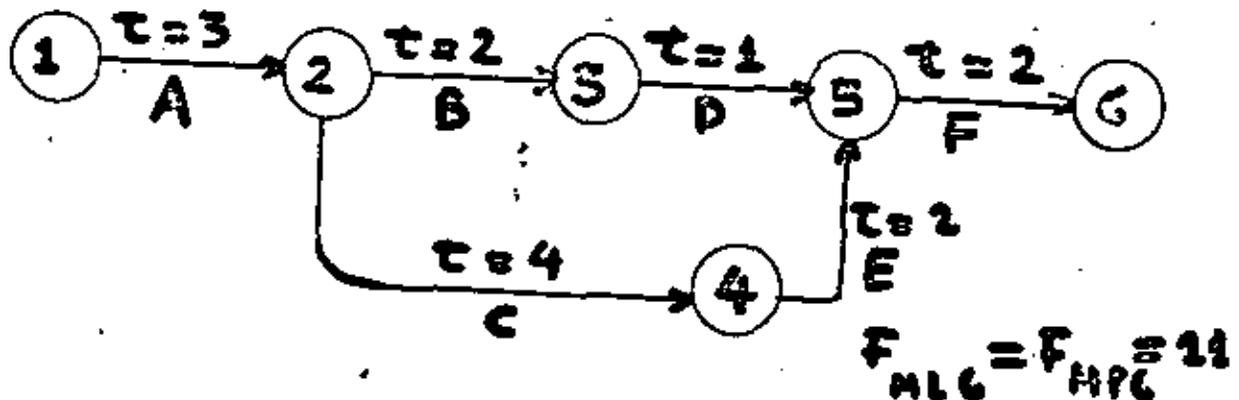
- 2) El comienzo más lejano de cualquier actividad es igual a la fecha más lejana del evento que la sucede, menos la duración de la actividad en cuestión.

TML (De una actividad) = FML (Del evento posterior)
 CML (De una actividad) = TML (De la misma act.) -
 t = FML - t

- 3) La fecha más lejana en que puede ocurrir un evento es la más cercana de las fechas de comienzo más lejano de las actividades que salen de ese evento.

FML (De un evento) = a la más cercana de las fechas más lejanas de comienzo de las actividades que se originan en dicho evento (CML₁, CML₂, ..., CML_n) para n actividades.

Para mejor comprensión de las reglas vamos a aplicarlas al mismo ejemplo anterior:



Nodo 6. Hacemos $FML_6 = FMP_6 = 11$

Actividad F, (5-6).

$$TMLF = FML_6 = 11$$

$$CMLF = TMLF - t = 11 - 2 = 9$$

Nodo 5. $FML_5 = CMLF = 9$

Actividad D, (3-5).

$$TMLD = FML_5 = 9$$

$$CMLD = TMLD - t = 9 - 1 = 8$$

Actividad E, (4-5).

$$TMLE = FML_5 = 9$$

$$CMLE = TMLE - t = 9 - 2 = 7$$

Nodo 4. $FML_4 = CMLE = 7$

Nodo 3. $FML_3 = CMLD = 3$

Actividad B, (2-3).

$$TMLB = FML_3 = 8$$

$$CMLB = TMLB - t = 8 - 2 = 6$$

Actividad C, (2-4).

$$TMLC = FML_4 = 7$$

$$CMLC = TMLC - t = 7 - 4 = 3$$

Nodo 2. La fecha más lejana en que puede ocurrir este evento es la menor de las fechas de comienzo más lejano de las actividades B y C.

Por lo tanto: $FML_2 = 3$

Actividad A, (1-2).

$$TMLA = FML_2 = 3$$

$$CMLA = TMLA - t = 3 - 3 = 0$$

Este resultado final de $CMLA = 0$, nos sirve de comprobación de los cálculos, ya que $FMP_1 = FML_1 = 0$ en el evento inicial; de la misma forma que $FML_6 = FMP_6$, en el evento final.

CALCULO DEL MARGEN TOTAL, PARA CADA ACTIVIDAD.

El margen Total es igual a la diferencia entre la fecha más Lejana del Evento sucesor de una actividad y la fecha de terminación más próxima de la actividad en cuestión.

$$MT = FML - TMP$$

El Margen Total es, por lo tanto, el tiempo que puede retrasarse cualquier actividad, sin que se afecte el Comienzo más próximo o la fecha de ocurrencia de cualquier actividad o evento, del Camino Crítico del diagrama de flechas.

La definición anterior es equivalente a decir que el Margen Total es igual a la diferencia entre la Terminación más lejana y la Terminación más próxima de una actividad, o entre el Comienzo más lejano y el Comienzo más próximo de la misma.

$$MT = TML - TMP = CML - CMP$$

El Margén total es el número de unidades de tiempo que faltan para que la actividad se vuelva crítica.

El Margen Total es, en general, el número de unidades de tiempo que puede tomar adicionalmente el tiempo de realización de una actividad, sin causar un retraso, o sea, sin aumentar, la fecha esperada de cualquier evento, que se encuentre en la Ruta Crítica.

En nuestro ejemplo anterior las actividades A, C, E y F se encuentran en la Ruta Crítica y no tienen por lo tanto Margen Total. En cambio, las B y D sí tienen Margen Total, que es, siguiendo los conceptos expresados:

Para la actividad B (2-3).-

$$MT = TMLB - TMPB = 8 - 5 = 3$$

$$\text{ó también: } MT = CMLB - CMPB = 6 - 3 = 3$$

$$\text{ó también: } MT = FML_3 - TMPB = 8 - 5 = 3$$

Para la actividad D (3-5).-

Si siguiendo nada más uno de los caminos de cálculo indicados:

$$MT = CMLD - CMPD = 8 - 5 = 3$$

Se puede ver que cuando dos actividades están en serie, como la B y D, tienen el mismo Margen Total. En este caso, constituyen, además, la única Ruta Subcrítica del diagrama en cuestión.

CALCULO DEL MARGEN LIBRE, PARA CADA ACTIVIDAD.

Las únicas actividades que tienen Margen Libre son aquellas que concurren a un nodo y no pertenecen a ninguna Ruta Crítica.

El Margen Libre es igual a la diferencia entre la fecha más próxima del evento posterior de una actividad, y la fecha correspondiente a la terminación más próxima de la misma actividad.

O sea:

$$ML = FMP - TMP$$

El Margen Libre, es por lo tanto, el tiempo que puede representarse la terminación de una actividad, sin afectar al Comienzo más próximo de cualquier otra actividad o a la fecha más próxima de cualquier evento en el diagrama de flechas correspondientes.

En nuestro ejemplo, la única actividad que tiene Margen Libre es la D (3-5), por ser la única actividad que llega a un nodo concurrente y no está, al mismo tiempo, en una Ruta Crítica.

En la actividad D (3-5).-

$$ML = FMP_5 - TMPD = 9 - 6 = 3$$

Este tiempo es también el tiempo que puede tomar la actividad D (3-5) adicionalmente, sobre su Terminación más próxima esperada, sin que el evento (5) deje de realizarse en su fecha más próxima esperada.

Aplicando la fórmula de ML a cualquiera de las demás actividades del diagrama que sirvió de ejemplo, encontramos que en todos los casos $ML = 0$.

Hagamos el cálculo, por ejemplo, para la actividad C:

$$MC = FMP_4 - TMPC = 7 - 7 = 0$$

Es interesante llamar la atención sobre el hecho de que el Margen Total es siempre igual o Mayor que el Margen Libre, ya que:

$$MT = FML - TMP$$

y

$$ML = FMP - TMP$$

y FML es siempre mayor que FMP.

En la actividad D (3-5).-

$$ML = FMP_5 - TMPD = 9 - 6 = 3$$

Este tiempo es también el tiempo que puede tomar la actividad D (3-5) adicionalmente, sobre su Terminación más próxima esperada, sin que el evento (5) deje de realizarse en su fecha más próxima esperada.

Aplicando la fórmula de ML a cualquiera de las demás actividades del diagrama que sirvió de ejemplo, encontramos que en todos los casos $ML = 0$.

Hagamos el cálculo, por ejemplo, para la actividad C:

$$ML = FMP_4 - TMPC = 7 - 7 = 0$$

Es interesante llamar la atención sobre el hecho de que el Margen Total es siempre igual o Mayor que el Margen Libre, ya que:

$$MT = FML - TMP$$

y

$$ML = FMP - TMP$$

y FML es siempre mayor que FMP.

CALCULO DEL MARGEN INDEPENDIENTE, PARA CADA ACTIVIDAD.

Las únicas actividades que pueden tener Margen Independiente positivo son aquellas que llegan a un nodo concurrente y no están en una ruta crítica.

Solamente los Margenes Independientes positivos nos sirven en el trabajo de programación.

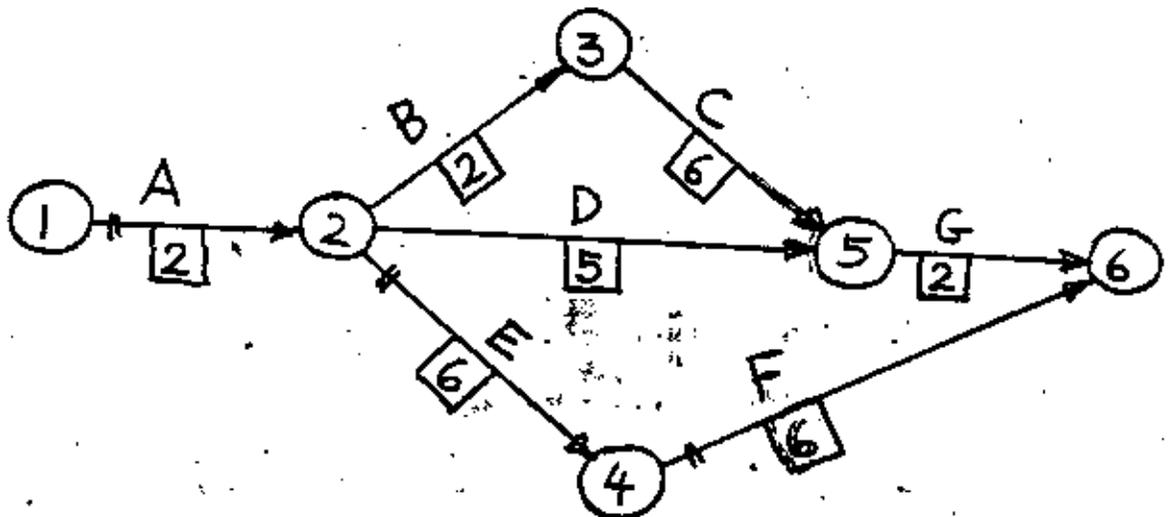
El Margen Independiente se obtiene restando a la fecha más próxima del evento posterior de una actividad, la suma de la fecha más lejana del evento anterior de la misma actividad y la duración de ésta.

O sea: para la actividad: X (M, N)

$$MIX = FMPN - (FMLM + t)$$

Quando una actividad tiene Margen Independiente, aunque las actividades que concurren a su nodo inicial terminen en su terminación Más Lejana, haciendo que dicho evento tenga lugar en su Fecha Más Lejana, de todas maneras esta actividad puede retrasarse el tiempo correspondiente a su Margen Independiente, sin afectar a la fecha más próxima de su evento terminal.

En la figura siguiente, sólo la actividad D tiene Margen Independiente positivo. Las duraciones se indican en los rectángulos que aparecen debajo de cada fecha.



En el diagrama anterior, la Ruta Crítica corresponde a las actividades A-E-F, con un tiempo total para todo el diagrama de: $2 + 6 + 6 = 14$.

Si calculamos el diagrama anterior obtenemos lo que se muestra en la siguiente tabla:

Actividad	Duración	EMP	CML*	TMP	TML	MT - ML	MI - R.C.
A	2	0	0	2	2	0 - 0	0 X
B	2	2	4	4	6	2 - 0	0
C	6	4	6	10	12	2 - 0	-2
D	5	2	7	7	12	5 - 3	3
E	6	2	8	8	8	0 - 0	0 X
F	6	8	8	14	14	0 - 0	0 X

Puede observarse en los datos de la tabla anterior que para las actividades que están en la ruta crítica, todos los márgenes son iguales a cero. Y que, por otra parte, las actividades que están en serie, a través de nodos no concurrentes, tienen los mismos márgenes totales, tal como se muestra en las actividades B y C. Es bueno recordar aquí que "nodo concurrente" es aquel al que llegan más de una actividad y "nodo no concurrente", aquel al que sólo llega una actividad.

8. EJEMPLO DE PREPARACION DE UN DIAGRAMA DE FLECHAS.

Como ejemplo de aplicación del método de Ruta Crítica vamos a utilizar la planeación de un trabajo de mantenimiento consistente en el reemplazo de un tramo de tubería de vapor que se deriva del cabezal principal de salida de vapor de una caldera para una serie de calentadores de una fábrica.

Vamos a suponer que esta tubería es suspendida y que hay varias válvulas al nivel del piso conectadas a es

- 11 -

ta sección particular de la tubería y sabemos que algunas de ellas están defectuosas. El trabajo consiste en la remoción de la tubería y de las válvulas viejas, la colocación de la nueva tubería y de nuevas válvulas, realizar el nuevo aislamiento de la tubería y finalmente hacer limpieza general de las instalaciones.

La forma en que construyamos el diagrama de flechas correspondiente a este trabajo, depende fundamentalmente de nuestra experiencia anterior al respecto. Si el ingeniero y el o los sobrestantes que van a dirigir la obra han realizado conjuntamente trabajos similares es muy posible que de mutuo acuerdo y paso a paso dibujen de inmediato el diagrama de flechas correspondiente a la secuencia lógica de las actividades a realizar.

Cuando el trabajo es relativamente nuevo para los participantes, puede ser conveniente hacer una lista inicial de las diferentes actividades que se considere será necesario llevar a cabo. No es necesario escribir las actividades en el orden cronológico en que deberán realizarse. Esta lista es una simple guía de lo que se va a hacer. En nuestro ejemplo esta lista podría ser la siguiente:

1. Erigir y después desmontar una obra falsa.
2. Organizar la cuadrilla de trabajo.
3. Remover la tubería vieja y las válvulas viejas.
4. Desconectar la línea antigua y desconectar las válvulas.
5. Colocar la nueva tubería y las nuevas válvulas.
6. Estimar y hacer un esquema del trabajo que debe hacerse.
7. Pedir los materiales.
8. Prefabricar las secciones de la tubería antes de colocarlas en su lugar.
9. Aislar la nueva tubería.
10. Hacer prueba de presión a la nueva tubería.

El diagrama de flechas podemos iniciarlo con una actividad inicial que llamaremos "tiempo de iniciación". A partir de este punto debemos dibujar las flechas que correspondan a las actividades que puedan desarrollarse simultáneamente. Para ello nos reuniremos alrededor de una mesa con los ingenieros y sobrestantes que van a llevar a cabo el trabajo. Como ya lo hemos indicado es indispensable que en la preparación del diagrama de barras y en la asignación posterior de los tiempos correspondientes a dichas actividades, participen los que se van a responsabilizar de su ejecución. Si así lo hacemos ellos tomarán la planeación y programación como suya y procurarán su cumplimiento.

Como se muestra en la figura 1 las dos primeras actividades que pueden realizarse simultáneamente ya que no son dependientes una de otra son: "Suspender uso de la línea vieja" y "Reunir cuadrilla para comenzar el trabajo".

A partir de la terminación de estas dos actividades iremos elaborando en forma sistemática el diagrama de flechas, tal como se muestra en la figura 2.

El diagrama final se muestra en la figura 3 en que se indican la totalidad de los trabajos necesarios. Al terminar el diagrama es necesario numerar los nodos, con objeto de fijar los nodos iniciales y finales de cada actividad, lo cual es indispensable para el cálculo de los tiempos del diagrama por medio de una computadora o manualmente.

Por tratarse de un trabajo de tipo general en el que hay en la mayoría de los casos una gran experiencia al respecto, la asignación de tiempos se hace en forma determinística, de acuerdo con los recursos de que se disponga y usando el criterio de los participantes, discutiendo razonablemente la duración de cada actividad y llegando siempre a un acuerdo unánime negociado, entre todos los participantes.

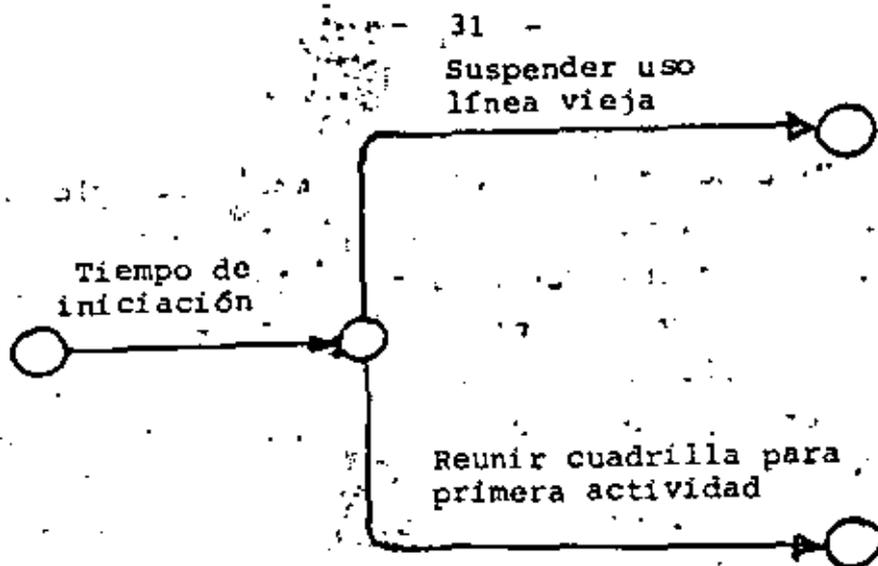


FIGURA - 1

9. CALCULO DE DIAGRAMAS DE FLECHAS CON COMPUTADORAS
Y EN FORMA MANUAL.

En la actualidad existen diversos programas de biblioteca para computadoras, que permiten hacer todos los cálculos de los diagramas de flechas en forma muy rápida.

Los datos necesarios para utilizar estos programas son en términos generales:

- a) En número del nodo anterior y posterior de cada actividad.
- b) La descripción de cada actividad.
- c) La duración de cada actividad, ya sea con un tiempo único estimado o los tres tiempos: (Pesimista, Optimista y Más Probable) según lo pida el programa utilizado.

Se hace una tabla con estos datos y siguiendo el Formato que indica el Libro de Instrucciones del programa, se perforan las tarjetas correspondientes. El Formato nos dice en que lugares exactos de la tarjeta deben de ir cada uno de los datos.

Al procesar estos datos en la computadora correspondiente, se obtienen los resultados, que pueden salir por máquina de escribir, por tarjetas perforadas, por cinta perforada

RESULTADOS OBTENIDOS EN EL CALCULO DEL

DIAGRAMA DE FLECHAS DE LA FIGURA ANTERIOR

ACTIVIDAD	DURACION	DESCRIPCION	C M P	C M L	T M P	T M L	M T	M L	RUTA, CRITICA
1-2	2	A							
2-3	5	C							
3-6	3	D							
1-4	3	B							
4-6	5	F							
4-5	1	G							
5-7	3	H							
6-7	4	E							

TABLA I. PARA ANOTAR LOS RESULTADOS DEL CALCULO O DEL DIAGRAMA DE FLECHAS DE LA FIGURA 5.

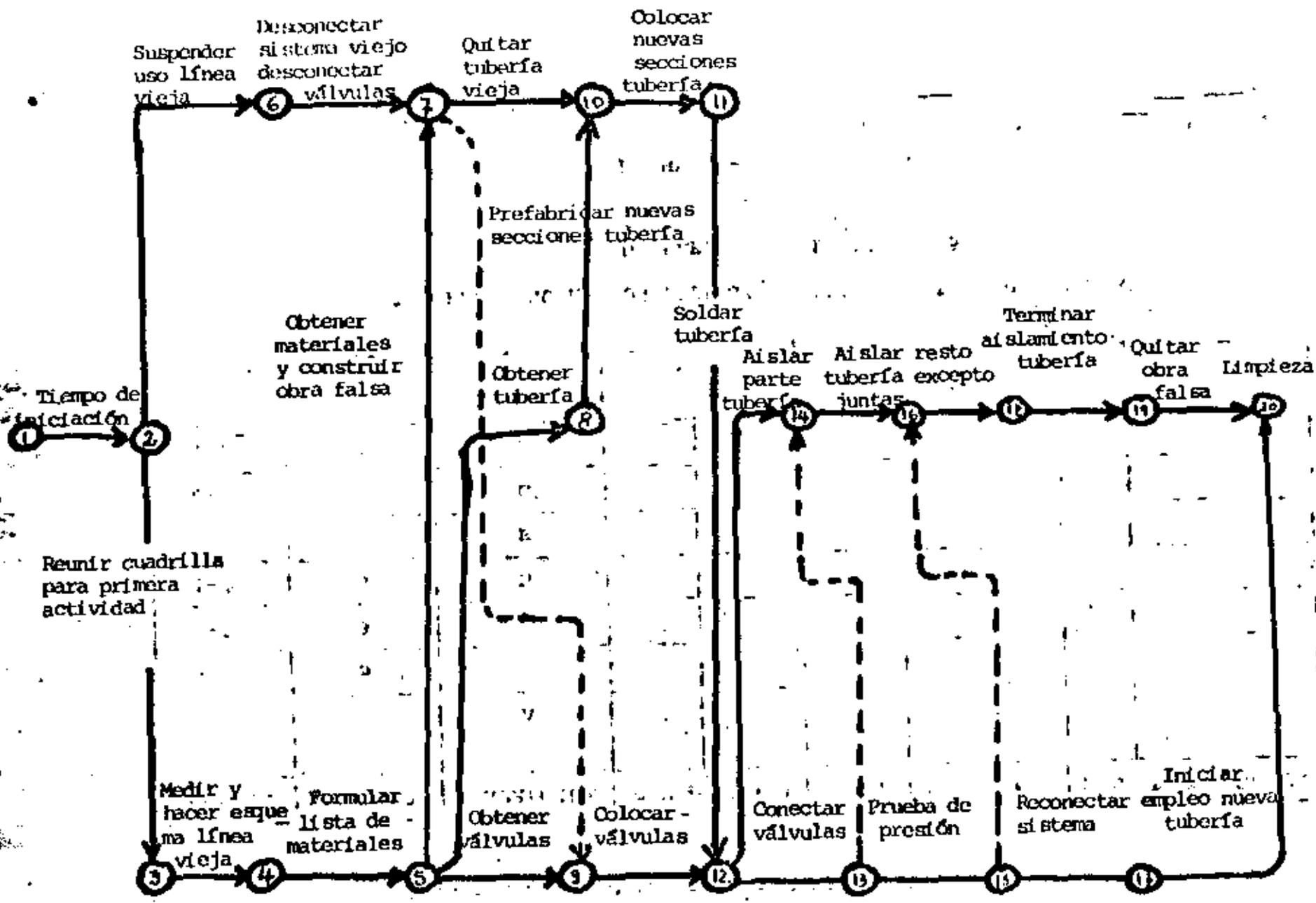


FIGURA - 3 - D'

da, etc. según sea la máquina computadora que se esté utilizando dándonos finalmente a la salida de la misma o en una máquina auxiliar, los resultados impresos.

Los resultados que da la máquina son, en general, los mismos que se han calculado en las páginas anteriores.

Existe un método práctico para hacer el cálculo manual rápido de los diagramas de flechas. La base del método está en la forma como se dibuja el diagrama y en como se anotan los resultados de los cálculos, sobre el mismo.

La forma en que se dibujan los nodos y las flechas así como los valores que sobre éstos se anotan se indican en la siguiente figura: Ver figura 4).

Usando estos símbolos, se dibuja primero el diagrama de flechas, siguiendo la lógica del proceso y se le anotan en el lugar indicado los números de los nodos y los tiempos de duración estimada o calculada de cada una de las actividades.

Se hacen dos pasos de cálculo, semejantes a los indicados anteriormente, primero hacia adelante y después hacia atrás. El procedimiento es el siguiente:

- 1) La fecha más próxima del evento inicial se hace igual a cero.

$$P_{MP} = 0$$

- 2) Se calcula la terminación más próxima de cada actividad sumando a la Fecha más próxima del evento anterior, la duración de la actividad.

$$T_{MP} = P_{MP} + t$$

El resultado se anota en la punta de la flecha correspondiente a la actividad en cuestión.

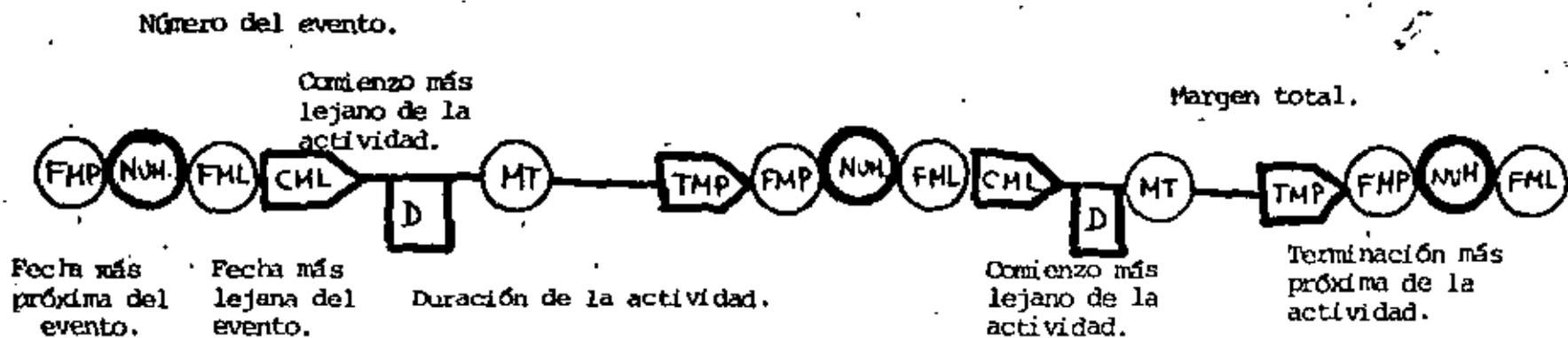


FIGURA - 4 -

- 3) Para cada evento se determina su Fecha más próxima de ocurrencia, que es la fecha más alejada de todas las Terminaciones más próximas de las actividades que concurren al evento.

Es decir, se selecciona para F_{MP} , (Fecha más próxima) del evento, la más alejada de las T_{MP} , Terminaciones más próximas) que concurren al evento y el resultado se anota en el lugar correspondiente.

En el recorrido hacia atrás, se hace lo siguiente:

- 1) Se hace la Fecha más Lejana del evento final igual a la Fecha más próxima del mismo.

$$F_{ML} = F_{MP}$$

- 2) Para cada una de las actividades que concurren en un evento, cuya fecha más lejana de ocurrencia permitida es F_{ML} , se calcula el Comienzo más lejano, restando a F_{ML} el tiempo de duración de la actividad.

$$C_{ML} = F_{ML} - t$$

El resultado se anota en la cola de la flecha correspondiente.

- 3) Para cada evento se determina su Fecha más lejana de ocurrencia permitida que es la fecha más cercana de todos los Comienzos más lejanos de las actividades que tienen como origen el evento en cuestión. El resultado se anota en el lugar correspondiente.

Una vez que se han hecho los dos recorridos del diagrama de flechas, se calcula el Margen Total de cada actividad, sacando la diferencia entre el Comienzo más lejano y el Comien-

zo más próximo de cada actividad, o entre la Fecha más lejana del evento posterior y la Terminación más próxima de la actividad en cuestión.

$$MT = T_{ML} - T_{MP} = F_{ML} - T_{MP}$$

Este valor se anota en el círculo central de la flecha correspondiente.

El Margen Libre se calcula como la diferencia entre la Fecha más próxima del evento final de una actividad y Terminación más próxima de la actividad en cuestión.

$$ML = F_{MP} - T_{MP}$$

Y se anota abajo del círculo que contiene al Margen Total.

Con objeto de que el lector pueda practicar el cálculo de un diagrama de flechas, se adjuntan dos copias de la Figura 5 y de la Tabla I.

Para llevarlo a cabo, favor de seguir paso a paso los recorridos hacia adelante y hacia atrás que se acaban de explicar en los párrafos anteriores.

10. CALCULOS DE DIAGRAMAS DE RUTA CRITICA CON ACTIVIDADES EN LOS NODOS.

Otra forma de representar un diagrama de actividades, cuyo se ha extendido ya mucho en la actualidad, es el de "Actividades en los Nodos". Como su nombre lo indica y a diferencia del método clásico ya analizado, en este caso las actividades se representan en los nodos y las flechas se utilizan únicamente para establecer las secuencias lógicas entre actividades.

En la figura 6 se representa un diagrama de flechas correspondiente a las actividades a realizar para llevar a cabo un estudio de mercado y en la Figura 7 se representa el mismo diagrama, dibujado con actividades en los nodos.

Nótese que, en el diagrama con actividades en los nodos no se muestra ninguna actividad de liga. En realidad lo que ocurre es que en este tipo de representación, todas las actividades son de liga.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

La ventaja principal de la preparación de diagramas con actividades en los nodos es su gran simplicidad. La preparación se facilita mucho por el hecho de no tener que utilizar flechas de liga.

Para su utilización generalizada, este procedimiento tiene el inconveniente que existen muchos menos programas de computadora diseñados para utilizarlo, ya que la gran mayoría de los existentes emplean el sistema habitual de actividades en las flechas.

La experiencia del que esto escribe es que la preparación de diagramas de Ruta Crítica se simplifica enormemente con el método de actividades en los nodos, ya que el programador puede utilizar hojas preparadas en que están dibujados una serie de rectángulos sobre los que se escriben las descripciones de las actividades y sus duraciones, estableciéndose muy fácilmente las secuencias lógicas, por medio de un lápiz plomo. Es muy fácil entrenar a personal de oficina, para que a partir de estos diagramas llene hojas de codificación para computadora, que después se perforan en tarjetas o se meten directamente a una computadora a través de una terminal, ya sea directamente, o por el intermedio de cintas o discos.

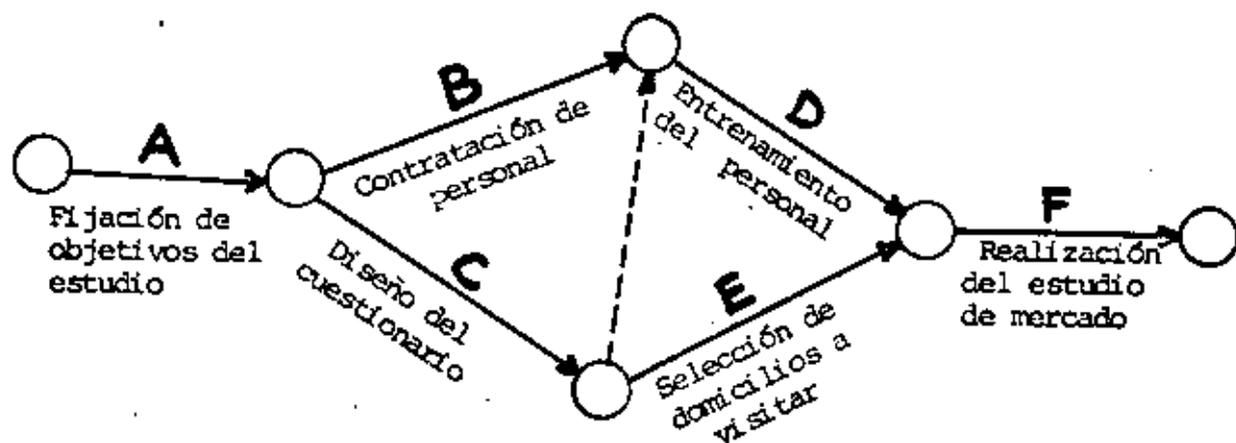


FIGURA - 6 -

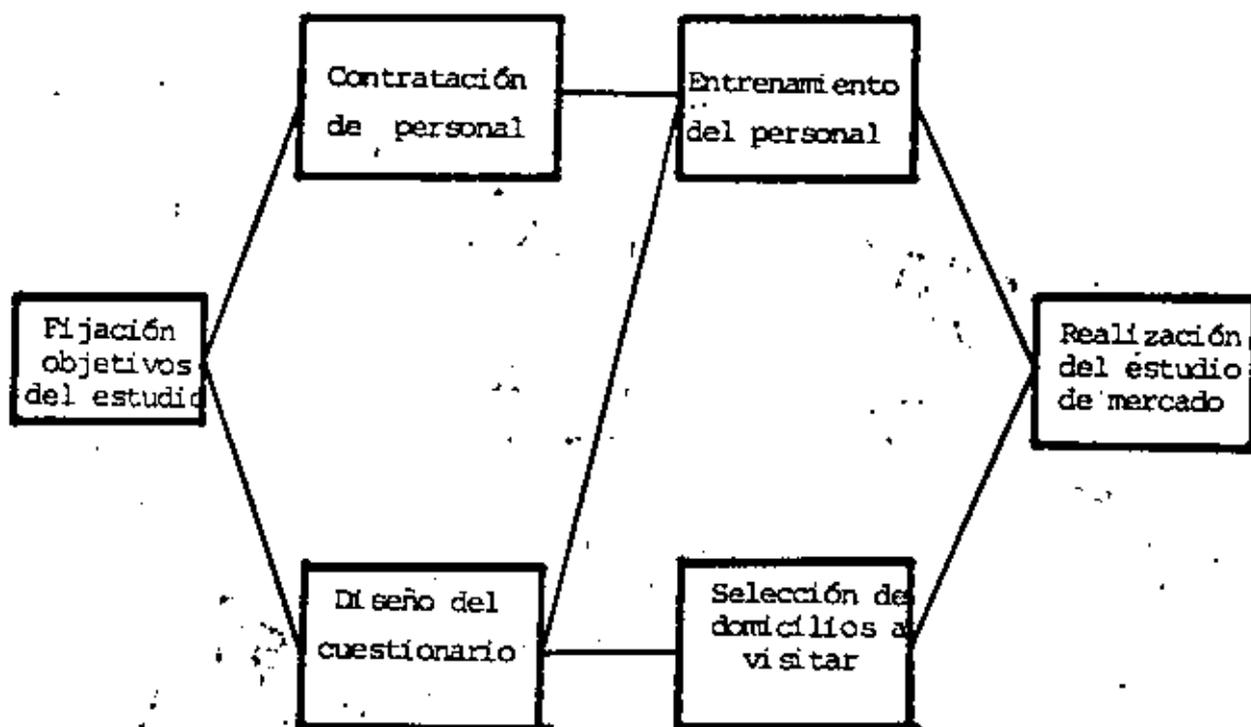


FIGURA - 7 -

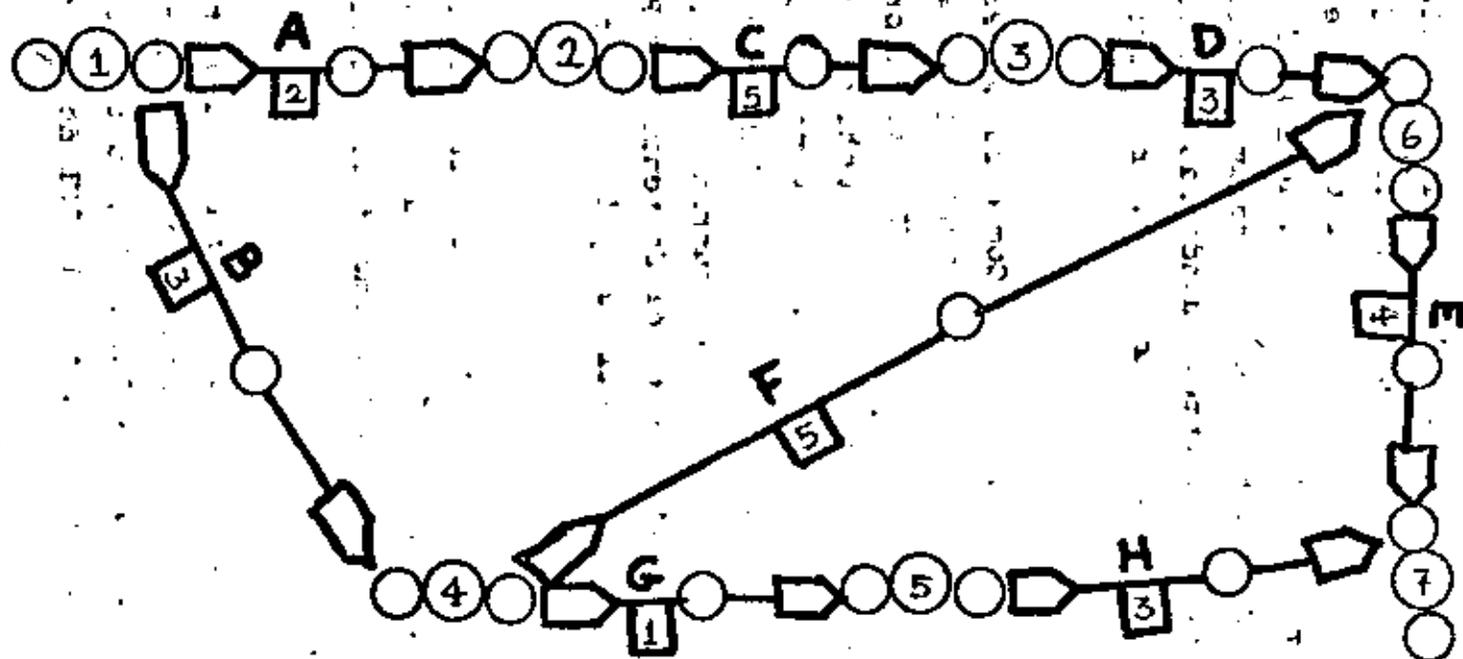


FIGURA - 5. -

Para el cálculo manual de los diagramas se emplean los símbolos que se muestran en la figura 7A.

En la figura 8 se muestra un diagrama con actividades en los nodos, con todos los valores ya calculados. Los pasos del cálculo han sido los siguientes:

Siendo la actividad 1 la actividad inicial, las flechas que salen de este nodo indican que cuando la actividad 1 se termine se podrán comenzar las 2 y 4. Al terminarse estas dos actividades será posible comenzar la actividad 3. Para que se pueda comenzar la actividad 5 es solamente necesario que se termine la 4. Finalmente, cuando las actividades 5 y 3 hayan ambas terminado, se podrá comenzar la actividad 6.

En el recorrido hacia adelante, el Comienzo Más Próximo de la actividad inicial 1 es cero y la $TMP_1 = 0 + 5 = 5$. Para la siguiente actividad 2, por ejemplo, $CMP = 5$, valor que se encuentra regresando hacia atrás de la flecha que proviene del nodo 1. Cuando varias actividades convergen a una actividad, su CMP es la fecha más alejada de las Terminaciones más próximas de las actividades que concurren a este nodo. En esta forma, para la actividad 6, el Comienzo Más Próximo es el valor mayor seleccionado entre 20 y 18, es decir: 20.

El recorrido hacia atrás se comienza con la actividad terminal. Se hace a su Terminación Más Lejana igual a la Terminación más próxima. Para la actividad 6 la $TML = 40$ y su $CML_6 = 40 - 20 = 20$.

Para encontrar las TML de las demás actividades, recórranse de regreso cada una de las flechas que llegan a cada actividad y tómese el menor de los CML de las puntas de las flechas. Si es una sola flecha, hágase la TML de la ac-

COMIENZOS

TERMINACIONES

CMP	DESCRIPCIÓN			TMP
CML	NÚMERO		±	TML
	MT	ML	MI	

FIGURA 7A

tividad que está en la cola de la flecha igual al CML de la actividad que está en la punta de la flecha. Si son varias flechas, como en el caso de la actividad 1, por ejemplo, el $CML_1 = 5$, ya que los Comienzos Más Lejanos correspondientes a las puntas de las flechas que salen de 1, son ocho y cinco, y elegimos el valor menor, o sea, 5. El Margen Total de cada actividad lo calculamos en la forma habitual, como la diferencia entre el CML y el CMP de cada actividad, o como la diferencia entre la TML y la TMP, que nos da el mismo valor. El cálculo del Margen Libre de una actividad es un poco más difícil. Recordando la fórmula que nos daba el Margen Libre, en el caso de las actividades en las flechas, tenemos que para una actividad X (M,N):

$$MLX = FMPN - TMPX$$

La Fecha Más Próxima de N que es el evento posterior de la actividad X, la obtenemos fácilmente, como la más cercana de las fechas correspondientes a los CMP's de las actividades que siguen al evento en cuestión. Por ejemplo, para la actividad 4, el comienzo más próximo más temprano de las actividades que siguen a ésta, es el menor de los CMP's correspondientes, o sea, es 15. ($CMP = FMP = 15$) y la $Fx\ TMP_4 = 15$. Por lo tanto, el Margen Libre para la actividad 4 es $ML_4 = 15 - 15 = 0$. Siguiendo el mismo procedimiento para la actividad 2, obtenemos: $ML_2 = 15 - 12 = 3$.

Para el cálculo del Margen Independiente, recordemos que para una actividad X (M, N), es igual a:

$$MIX = FMPN - (FMLM + t)$$

Ya hemos visto en el párrafo anterior como se calcula FMPN. Debemos recordar que aunque, en este método de cálculo, el evento no tenga una representación gráfica, si

que teniendo un significado real que está implícito en el diagrama correspondiente:

De acuerdo con esta idea, el Margen Independiente de 2, se calcula:

$$MI2 = 15 - (5 + 7) = 3$$

En la misma forma:

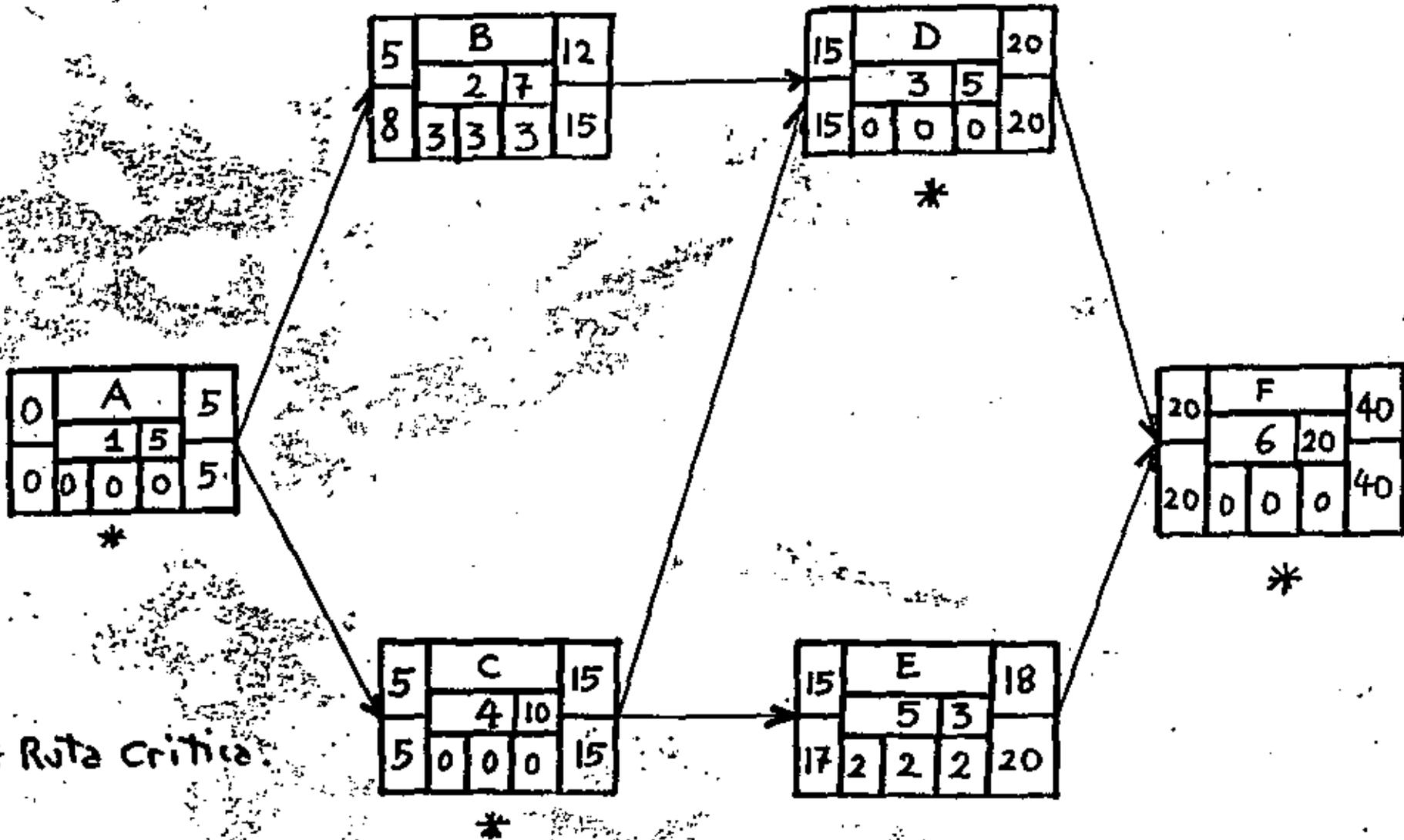
$$MI5 = 20 - (15 + 3) = 2$$

11. COMPRESION DE LAS REDES

Como se indicó en páginas anteriores ocurre muchas veces que la duración calculada de un proyecto, no coincide con la duración de compromiso o de contrato, por lo que es necesario volver a revisar las redes de actividades para ver la forma de reducir el tiempo total del proyecto, para hacerlo igual o menor al marcado por la fecha citada de contrato.

En algunos casos es suficiente una revisión de los tiempos de las actividades críticas, que contemplados con la mira de precisar más los tiempos correspondientes, pueden ser fácilmente reducibles, con lo que el problema puede ser resuelto de inmediato.

Debe sin embargo, ponerse especial atención en el hecho, de que en muchos casos la diferencia en el tiempo total entre la Ruta Crítica y la primera Subcrítica puede ser muy pequeña, es decir, que la Holgura Total de la Subcrítica puede ser solamente de uno a dos días y que al reducir en esa misma cantidad el tiempo total de la Ruta Crítica, la Subcrítica se vuelve Crítica también y debe ser analizada en una forma semejante, siendo así ya necesario reducir simultáneamente las dos Rutas, para poder disminuir el tiempo total del proyecto.



* Ruta Critica.

FIGURA - 8 -

Un criterio que es interesante destacar es el de que en muchos casos al estimar el tiempo medio de una actividad que está en serie con otras actividades, consideramos ciertas condiciones particulares que son posibles en cada una de dichas actividades por separado, como por ejemplo, la contingencia de que en cualquiera de las mismas se presente lluvia. Analizando cada una de las actividades por separado esto es admisible y lógico, pero al estudiar el problema en su conjunto debe hacerse un reajuste de los tiempos. Si tenemos por ejemplo tres actividades en serie, en cada una de las cuales existe una probabilidad de que llueva de 0.8 y dado que la posibilidad de lluvia en cada caso es independiente de la posibilidad de lluvia en el conjunto de las tres actividades en serie es de: $0.8 \times 0.8 \times 0.8 = 0.51$, lo cual nos puede dar la pauta para una inmediata disminución de los tiempos de cualquiera de las actividades que forman la secuencia.

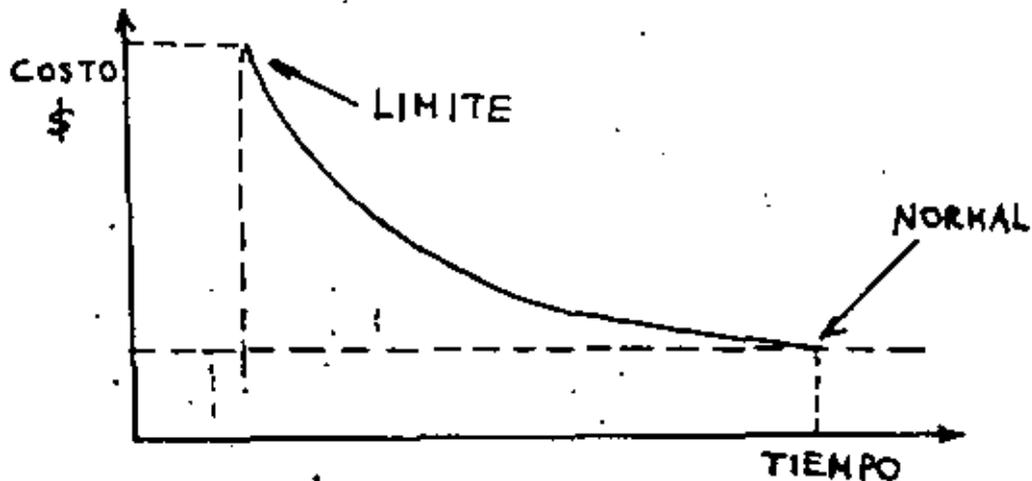
Ya sabemos que sólo una pequeña fracción de los trabajos de un proyecto son críticos y que para disminuir el tiempo total del mismo nada ganamos con acelerar las actividades no críticas. La experiencia muestra que quienes aceleran un trabajo sin la ayuda del C.P.M. o el P.E.R.T. invirtiendo irremediablemente desperdician una gran cantidad de dinero, acelerando trabajos que no son críticos.

Por otra parte debe comprenderse que para acortar una secuencia crítica de actividades, no es conveniente acelerar sin previo estudio una actividad cualquiera. El mismo número de días puede ser ahorrado de muchas maneras, unas más baratas y otras más caras.

Curvas de Costo-Tiempo.

Una actividad cualquiera de un proyecto puede ser ejecutada en tiempos muy diferentes según sea la organización del trabajo y los recursos que en éste se apliquen.

Con la experiencia obtenida en trabajos similares anteriores o haciendo un estudio de tiempos y movimientos de la actividad en cuestión, con criterio práctico, se pueden obtener curvas de Costo-Tiempo, como la que se muestra en la siguiente figura:



La curva mostrada es típica para la mayor parte de los proyectos y puede observarse que una actividad puede realizarse en un tiempo menor del normal, mediante incrementos casi despreciables del costo correspondiente, debido a la forma de la curva, muy aplastada en la proximidad del punto normal.

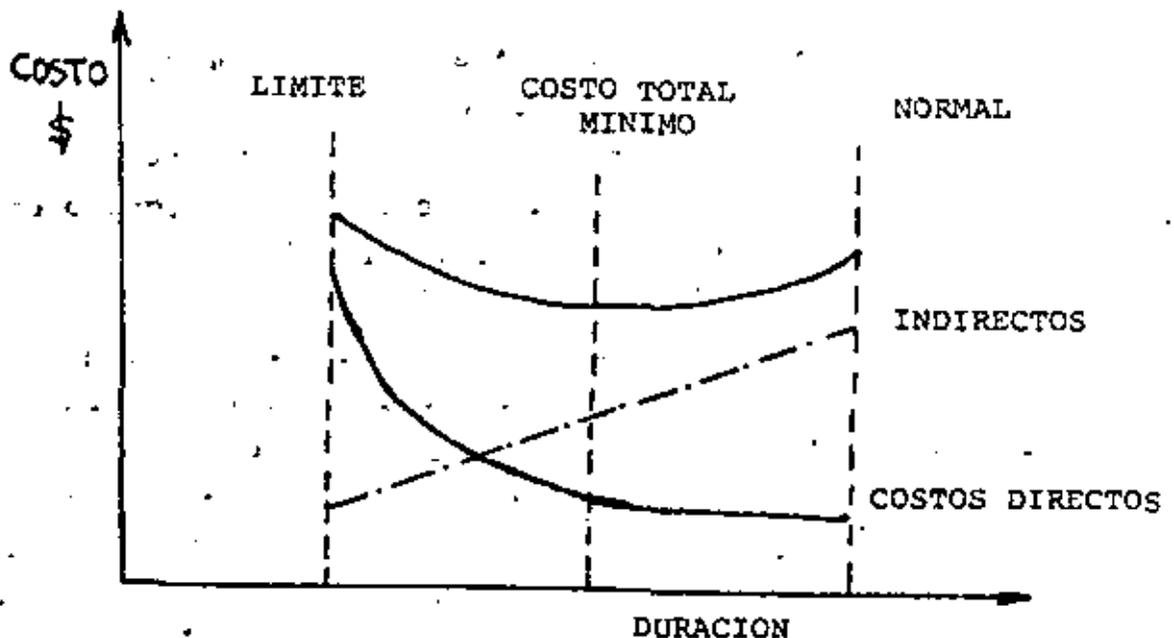
Se considera el tiempo normal, como el que corresponde a las condiciones de trabajo más efectivas, con la observación de que si el trabajo se realiza en un tiempo mayor del indicado como normal, los costos aumentarán en lugar de disminuir.

Si queremos comprimir el tiempo de una actividad y aplicamos recursos adicionales de personal, herramienta y equipo, llegará un momento en que las condiciones de trabajo

quedarán saturadas y habrá un punto en que a un incremento considerable de recursos y de costo, no representará una disminución apreciable del tiempo de terminación. Al punto indicado corresponden el tiempo y el costo límites.

Costos Indirectos.

Hasta el momento nos hemos limitado a considerar únicamente los costos directos de una actividad, sin embargo, en todo proyecto existen adicionalmente los costos indirectos o fijos. Como puede verse en la siguiente figura para cada actividad o para un proyecto completo, deben sumarse los costos indirectos y directos para obtener el costo total. Al hacer, así, el análisis de los costos de comprimir una red, los costos indirectos correspondientes al tiempo total, mientras que el cargo correspondiente al costo indirecto, disminuye:



Combinando la curva de costo directo tiempo, con la estimación de gastos fijos acumulados en función del tiempo, tenemos una curva que relaciona costo total y tiempo. Esta

curva tiene siempre su valor mínimo en un tiempo que es menor que la duración normal del proyecto.

Para optimizar el costo de un proyecto, haciéndolo mínimo, al terminar la programación inicial debe hacerse siempre un estudio de compresión, para calcular cual es el tiempo total que debe tomar un proyecto, para minimizar el costo total.

12. PLANEACION Y PROGRAMACION DE RECURSOS

En todos los casos estudiados anteriormente hemos considerado al analizar la realización completa de un proyecto, que los recursos disponibles son infinitos, es decir, que la organización que va a llevar a cabo las obras o actividades, cuenta de un conjunto total de recursos superior a la suma de todos los recursos necesarios para la realización simultánea de las actividades que coinciden en el tiempo.

Puede comprenderse que esta situación no es la normal en muchos casos y principalmente en grandes proyectos y es corriente que al querer arrancar una actividad, no sea posible hacerlos por estar el personal necesario o el equipo empleados en otras actividades del mismo proyecto.

Por ello es indispensable hacer un análisis de recursos una vez que se ha terminado la planeación inicial. En muchos casos la escasez de recursos puede quedar totalmente resuelta afectando únicamente la programación del proyecto, aplazando dentro de las Holguras o Márgenes las actividades no críticas, pero en muchas otras ocasiones es necesario posponer el comienzo de algunas actividades, quizás críticas, por tener que esperar a tener personal o equipo disponibles, determinando esto, en muchos casos, el alargamiento del tiempo total del proyecto.

La forma en que en cada caso concreto se resuelven estos problemas depende de los objetivos y de las restricciones del proyecto, ya que generalmente hay muchas alternativas para resolver determinadas situaciones. Así, por ejemplo, la falta de equipo propio se puede resolver alquilando equipo ajeno y la escasez de personal especializado se puede resolver con la capacitación del personal no especializado, disponible. Cuando la limitación en el gasto no nos permite aplicar soluciones alternativas, para resolver los cuellos de botella determinados por la falta de determinados recursos, nos veremos seguramente obligados a terminar el proyecto en una fecha posterior a la prevista.

Como ya se indicó en páginas anteriores, una vez que se ha terminado la planeación de un proyecto, se tienen las bases necesarias para llevar a cabo la programación detallada del mismo. Para programar es necesario disponer de un diagrama de barras que sea producto del diagrama de Ruta Crítica y en donde todas las actividades estén dibujadas a partir de su Fecha Más Próxima de comienzo. A partir de este punto la programación se basará en la utilización mejor de los recursos disponibles, dando fechas exactas (Programación) a todas y cada una de las actividades del proyecto. La lista programada de actividades se pasará entonces, a cada uno de los encargados de la realización de las diferentes fases del proyecto, para su ejecución.

No debe nunca olvidarse de que el proceso de planeación y programación es totalmente dinámico y que debe procederse a una revisión permanente de las redes de actividades o eventos, para mantenerlas al día, adicionando las actividades nuevas que surjan y suprimiendo aquellas que se han terminado.

La periodicidad con que deben ser revisados y actualizados los programas depende fundamentalmente de la im-

portancia de la obra y de su organización, pudiendo cambiar radicalmente de un proyecto a otro.

Es muy importante, por otra parte, que al preparar los diagramas y al formar las curvas de Costo-Tiempo, se utilicen no sólo los datos estadísticos acumulados que se tengan, sino también, y en forma muy especial la experiencia personal de los técnicos, sobrestantes y del personal experimentado de que disponga la organización.

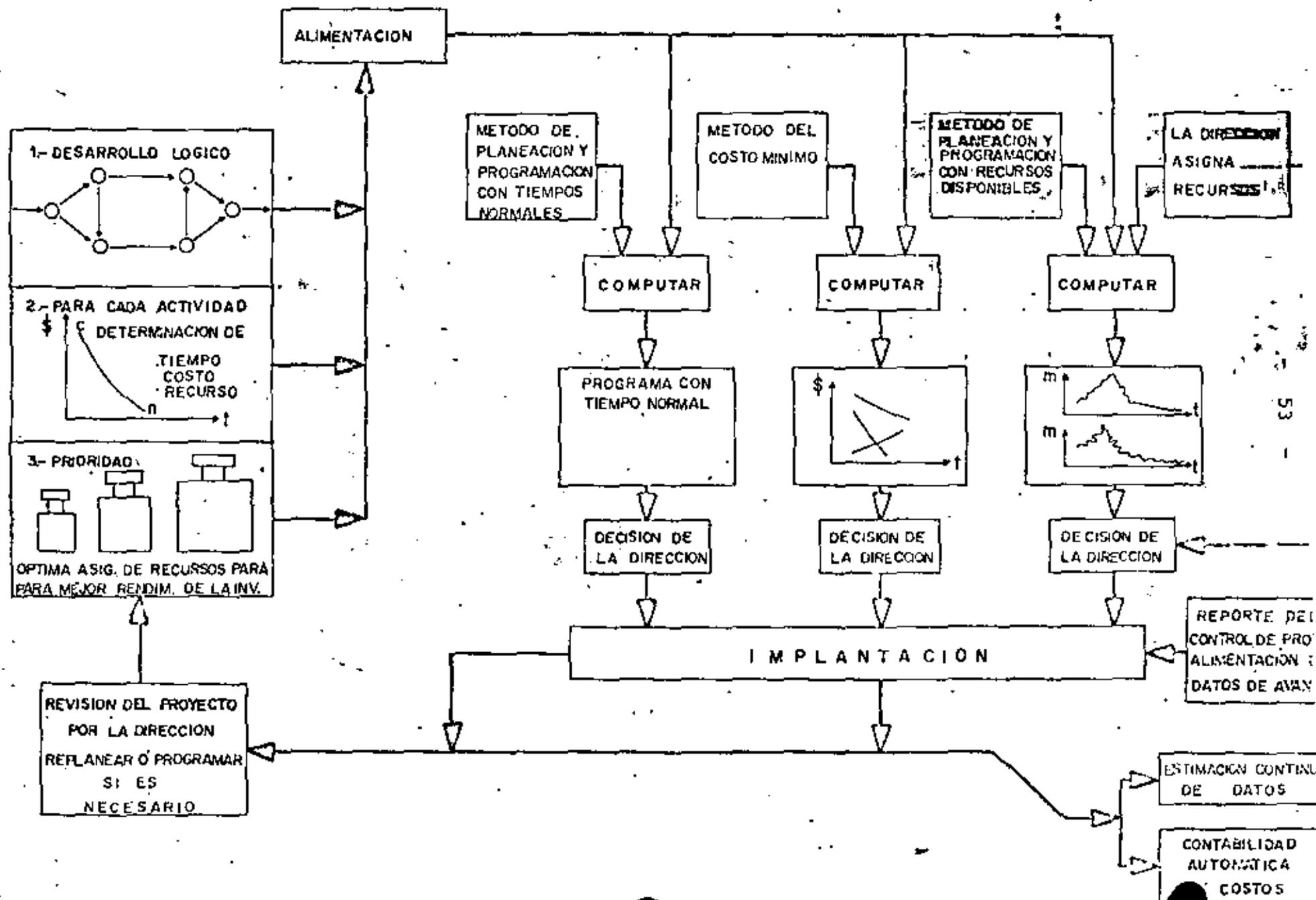
Es indudable que cuando se hace participar en la planeación y programación de los trabajos al personal que después lo va a llevar a la práctica, éste toma un interés mucho mayor y actúa con una más alta responsabilidad en el cumplimiento efectivo de las fechas establecidas, con gran beneficio para el éxito del proyecto.

En la última figura se hace un resumen de los diferentes métodos que se han explicado a lo largo de este curso. Haciendo un resumen podemos decir que el primer procedimiento es el de asignar tiempos normales y si la duración total del proyecto queda dentro del tiempo máximo especificado, seguir adelante con el trabajo. El segundo consiste en optimizar la ruta crítica, haciendo una compresión de la red, para obtener el costo mínimo posible y si éste tiempo conviene a la dirección del proyecto, seguir adelante con el mismo.

El tercer sistema es aquel que tiene en cuenta los recursos asignados al proyecto y analiza si son suficientes para la realización del mismo, ya sea con tiempos normales o con tiempos correspondientes al costo mínimo.

En los tres casos deben realizarse las iteraciones necesarias, hasta que la dirección del proyecto acepte los tiempos y los costos calculados, sin olvidar que en

todos los casos está implícito la obligación del mantenimiento de la calidad convenida en las especificaciones del proyecto.



BIBLIOGRAFÍA.

Project Management with CPM and PERT
Moder and Phillips
1964

Reinhold Industrial En-
gineering and Management
Sciences Textbook Series
New York

Determinación de la Ruta Crítica
R. L. Martino
1965

Editora Técnica, S. A.
Dinamarca No. 60
México 6, D. F.

A Concept of Corporate Planning
Russel L. Ackoff
Edición 1970

Wiley International
Edition
New York

Tecnología Mecánica e Instalaciones
Odón de Buen Lozano
1967

Representaciones y Servi-
cios de Ingeniería, S. A.
Apartado Postal 70-180
México 20, D. F.

Métodos Modernos de Planeación,
Programación y Control de Proce-
sos productivos.
Melchor Rodríguez Caballero
1962

Editado por el autor
México, D. F.

I N D I C E

	Página
1.- El Proyecto -----	1
2.- La Planeación -----	4
3.- El Método del Camino Crítico -----	5
4.- La Programación -----	6
5.- Diagramas de Flechas -----	9
6.- Asignación de tiempos a las actividades del diagrama de Flechas -----	14
7.- Cálculo de un diagrama de flechas -----	17
8.- Ejemplo de preparación de un diagrama de fle chas -----	28
9.- Cálculo de diagramas de flechas en computado ra y en forma manual -----	31
10.- Cálculos de diagramas de ruta crítica con ac tividades en los nodos -----	37
11.- Compresión de las redes -----	44
12.- Planeación y Programación de recursos -----	49
BIBLIOGRAFIA -----	54

Directorio del curso Administración del Mantenimiento Industrial

1980.

1. Raymundo Ahuja Anaya
Apax, S.A.
Jefe de Mantenimiento Mecánico
Buenavista 3-4°
México 4, D.F.
566 01.26
2. Hugo Edgar Borrás García
Facultad de Ingeniería
UNAM
550 52 15 Ext. 3740
Pirámide de la Luna 47
Col. Avante
Z. P. 21
677 82 08
3. Eladio Bustamante Moreno
BASF Mexicana S.A.
Plásticos 100
Sta. Clara, Edo. de Méx.
569 17 00
Tenorios 150 Edif. H 504
Prados Coapa
Z.P. 22
671 28 34
4. Miguel Campos Morales
Universidad Autónoma Metropolitana
Purísima y Michoacán
Col. Purísima
Z.P. 13
686 03 22 Ext. 110
Sur 23 Mza. 4 Lote 125
Col. Purísima
Z.P.13
5. Efraín Guerrero Chávez
Mantenimiento Preventivo Industrial
Morelia 30
Jardines de Churubusco
Mexico, D.F.
Calle 41 N. 51
Sta. Cruz Meyehualco
México 13, D.F.
691 15 75
6. Luis Heredia Lozano
Dir. Gral. de Const. y Ope. Hidráulica
S.c. A. Abad 231-8°
México 8, D.F.
Salome Piña 23
Cto. Pintores
Cda. Satélite
Edo. de México
562 55 30
7. Ambrosio Herrera Tenorio
Química Hércules S.A. de C.V.
Av. Sara 4553
Col. Cpe. Tepeyac
México 14, D.F.
517 94 09
Calle 9 No. 68
Col. Valentín Gómez Farfás
México 9, D.F.
537 61 00
8. Luis Edmundo Lomas Muñoz
Comisión Nal. de la Ind. Azucarera
Morelos 104-5°
México . D.F.
Damas 53
Sn. José Insurgentes
México, D.F.

9. Francisco Enrique Llorente Pacheco
BASF Mexicana, S.A.
Calle de Plásticos 100
Sta. Clara, Ecatepec Edo. de Mex.
569 17 00 Ext. 144
Ote 168 # 66
Col. Moctezuma
Z.P.9
762 63 42
10. Edmundo Morales Miranda
Equipos Electromecánicos, S.A.
Carr. Circunvalación Km. 19.3 Lecherfa
Sn. Fco. Chilpán, Tultitlán, Edo. de Mex.
565 74 00
Blvd. de las Flores M III L.60
Col. Villa de las Flores
Coacalco, Edo. de Méx.
382 61 22
11. Agustín Ortiz Marín
Facultad de Ingeniería
Depto. de Ing. Industrial e Inv. Op.
UNAM
550.52.15 Ext. 3740
Pestalozzi 629-7
México 12, D.F.
543 66 85
12. Isidoro Pérez López
Industrias Resistol, S.A.
Av. Bosques de Ciruelos 99
Col. Bosques de Lomas
Z.P. 10
596 35 88
Av. Hgo. Ote. 1324-10
Toluca, Mex.
13. Eduardo Salas Córdova
ENEP CUAUTITLAN
Ingeniería Industrial
Campo No. 3
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Mex.
33111 Ext. 372
Diana 52
Col. Ensueños
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Mex.
14. José Salazar Silva
ISABEL, S.A.
Av. de los Angeles 303
Azcapotzalco
Z.P.16
561 20 55
Cruz del Río 9
Sta. Cruz del Monte
Satélite, Edo. de Méx.
393 28 12
15. Eduardo Santiago Rojas
Centro de Enseñanza Técnica Superior
P.O. Box 1416
Calexico, Calif. 92231
8 18 01
Av. Veracruz 1371
Pueblo Nvo.
Mexicali, B.C.
16. Carlos Pedro Segovia Urbano
A. V. SISTEMAS
Av. Méx. 51
Col. Condesa
México, D.F.
286 16 67
Av. Coyoacán 333-6
Z.P.12
523 86 29

17. Salvador Soriano Sánchez
Teziutlán 327
Granjas del Sur
Puebla, Pue.
40 18 95
18. Eufemio Sutil de la Rosa
Ingenieros Consultores en Confección
Luis G. Urbina 104 Polanco
Mexico, D.F.
520 83 82
19. Ernesto Ulloa Castillejos
SARH
Ignacio Ramírez 20-4°
Z.P.4
566 38 48
20. Armando Villanueva Rosales
D D F Encargado de Mantenimiento Of. P.
S. A. Abad 231
Zéxico 8, D.F.
573 30 37
21. Roberto Wong Urrea
Secretaría de Gobernación
Lucerna 27-4°
México, D.F.
591 00 07
22. Fernando Alfonso Zúñiga H.
Siderúrgica Nacional, S.A.
Dom. Conocido
Sahagún, Hgo.
3 01 00
- Paseo de Petirrojo 38
Lomas Verdes
Edo. de Mexico
572 74 16
- Edif. Aldama Ent. "C" Depto. 211
Unidad Nonoalco Tlatelolco
Z.P:3
597 24 45
- Ayuntamiento 17
Tlalpán
Z.P. 22
588 33 16

