

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**GESTION  
DE PROYECTOS DE  
MANTENIMIENTO  
EN CENTRALES TERMOELECTRICAS**



**ESPECIALIDAD EN:  
PROYECTO DE INSTALACIONES MECANICAS  
EN CENTRALES TERMOELECTRICAS**

**RUBEN BETANZOS TEJEDA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## **Quiero hacer patente mi agradecimiento:**

---

### **Al Ingeniero Luis Sánchez Tellez**

---

exfuncionario de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro S.A., por haberme dado la oportunidad de cursar la especialidad.

### **A los funcionarios y trabajadores**

---

de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro S.A., que coadyuvaron con su trabajo, a la obtención de la beca.

### **A los doctores Fernando Romero López y Luis Reyes Avila**

---

de la División de Estudios de Postgrado, de la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M., por distraer gran parte de su tiempo para atenderme.

### **Al ing. Eduardo Hernández Goribar**

---

y demás profesores, maestros y doctores de la especialidad, y de la División de Estudios de Postgrado.

### **Al Ingeniero Mario Morán Pérez Maldonado**

---

por proporcionarme las facilidades para armar electrónicamente la tesis.

### **Al arquitecto Jorge Betanzos Tejeda**

---

por la revisión, corrección y sugerencias para que la tesis se imprimiera lo más correctamente posible.

**IN MEMORIAM**

---

**Al Ingeniero Odón De Buen Lozano,**

---

fundador de la especialidad.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
FACULTAD DE INGENIERIA**

**GESTION DE PROYECTOS  
DE MANTENIMIENTO EN  
CENTRALES TERMoeLECTRICAS**

**ESPECIALIDAD EN:  
PROYECTO DE INSTALACIONES MECANICAS  
EN CENTRALES TERMoeLECTRICAS  
RUBEN BETANZOS TEJEDA**

# Tabla de Contenido

---

<b>CAPITULO 0</b>	<b>1</b>
<b>0.0. PROLOGO.</b>	<b>1</b>
INVERSIONES DENTRO DE LA INDUSTRIA ELECTRICA EN MEXICO. ....	1
EL MANTENIMIENTO DE LAS CENTRALES. ....	2
LA PRODUCTIVIDAD EN LA COMPAÑIA DE LUZ Y FUERZA. ....	3
LOS PRINCIPIOS ADMINISTRATIVOS. ....	4
EL PROFESIONISTA Y SU PREPARACION. ....	6
ACLARACION. ....	6
EL CONTENIDO. ....	6
<b>CAPITULO 1</b>	<b>1</b>
<b>1.0. MANTENIMIENTOS PREVENTIVO Y CORRECTIVO.</b>	<b>1</b>
1.1. EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO. ....	1
1.1.1. CAPACITACION PARA EL MANTENIMIENTO. ....	2
1.1.2. MANTENIMIENTO PREDICTIVO. ....	3
1.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO. ....	3
1.2.1. MANTENIMIENTO SUSTITUTIVO. ....	3
1.3. MANTENIMIENTO PROGRAMADO O RUTINARIO. ....	3
1.3.1. AREAS DE COLABORACION Y APOYO AL MANTENIMIENTO. ....	4

1.3.2. CODIFICACION DEL MANTENIMIENTO. ....	5
1.3.3. LA CONSTRUCCION. ....	10
<b>CAPITULO 2</b>	<b>1</b>
<b>2.0. ORGANIZACION DURANTE EL MANTENIMIENTO.</b>	<b>1</b>
2.1. LA AUTORIDAD EN LA ORGANIZACION. ....	1
2.2. ORGANIZACION DEL MANTENIMIENTO. ....	4
2.2.1. CONCEPTOS BASICOS DE LA ORGANIZACION. ....	4
2.2.2. CONSIDERACION DE LAS DIFERENCIAS ENTRE PLANTAS. ....	5
2.2.3. ALCANCE DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DE LA PLANTA. ....	6
2.2.4. ETAPA DE ADIESTRAMIENTO Y CONFIABILIDAD DE LA FUERZA DE TRABAJO. ...	6
2.2.5. CENTROS DECISORIOS. ....	6
2.2.6. FORMAS. ....	11
2.2.7. TRABAJOS REPETITIVOS Y SINGULARES. ....	11
2.2.8. EL COORDINADOR EN MANTENIMIENTO RUTINARIO. ....	11
2.3. ORGANIZACION DEL MANTENIMIENTO MEDIANTE PROYECTOS. ....	12
<b>CAPITULO 3</b>	<b>1</b>
<b>3.0. ELABORACION DEL PROYECTO.</b>	<b>1</b>
3.1. METODOS DE PROGRAMACION. ....	2
3.1.1. ACORTAMIENTO DE ACTIVIDADES. ....	3

3.1.2. RELACION COSTO-TIEMPO. ....	4
3.1.3. INCERTIDUMBRE EN LOS TIEMPOS. ....	6
3.2. PREVISIONES DURANTE LA ELABORACION DEL PROYECTO. ....	9
3.2.1. PEDIDOS DE MATERIALES Y/O REFACCIONES. ....	9
3.2.2. FINANCIAMIENTO DE LA OBRA. ....	10
3.2.3. DIAGRAMA DE GANTT (PROGRAMA DE BARRAS O CRONOGRAMA). ....	10
3.2.4. SUPERVISION DE UN PROYECTO MEDIANTE LA AYUDA DE RADIOTRANSMISORES. ....	11
<b>CAPITULO 4</b>	<b>1</b>
4.0. ASIGNACION DE RECURSOS. ....	1
4.1. LA RESTRICCION DE RECURSOS. ....	1
4.2. RECURSOS TOTALES NO LIMITADOS. ....	2
4.3. NIVELACION DE RECURSOS. ....	6
4.4. RECURSOS LIMITADOS. ....	9
4.5. CRITERIOS DE ASIGNACION DE RECURSOS. ....	12
<b>CAPITULO 5</b>	<b>1</b>
5.0. SUPERVISION DEL PROYECTO Y SUS RECURSOS. ....	1
5.1. CICLOS DE PLANEACION Y CONTROL. ....	1
5.2. LIBRO DE CAMPO. ....	3
5.3. ORDENES DE TRABAJO. ....	4



5.4. GRAFICAS DE AVANCE. ....	4
5.4.1. GRAFICA DE AVANCE PROGRAMADO Y REAL DE OBRA. ....	4
5.4.2. GRAFICA DE AVANCE PROGRAMADO Y REAL DE COSTOS. ....	6
5.5. INDICE SITUACIONAL (I.S). ....	7
5.6. COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS. ....	9
5.6.1. COSTOS DIRECTOS O INTERNOS DE ACTIVIDADES. ....	9
5.6.2. COSTOS INDIRECTOS O EXTERNOS DEL PROYECTO. ....	9
5.7. REGISTROS DE COSTOS. ....	10
<b>CAPITULO 6</b>	<b>1</b>
6.0. ANALISIS DE RESULTADOS.	1
6.1. NIVELACION DE ACTIVIDADES Y AVANCES. ..	1
6.2. MEDICION O CUANTIFICACION DEL MANTENIMIENTO. ....	2
6.3. CALCULO DE INDICES. ....	5
6.4. INDICES ACUMULADOS. ....	11
6.5. ANALISIS DE LAS GRAFICAS. ....	12
6.6. CORRELACION. ....	12
6.7. ANALISIS FINAL. ....	13
6.7.1. RECURSOS HUMANOS. ....	13
6.7.1.1. PRODUCTIVIDAD. ....	14

6.7.1.2. AUDITORIAS. ....	16
6.7.1.3. INDICES DE ROTACION. ....	16
6.7.1.4. INDICES DE AUSENTISMO. ....	16
6.7.1.4. RETARDOS. ....	17
6.7.2. RECURSOS MATERIALES. ....	17
6.7.3. RECURSOS ECONOMICOS. ....	17
6.7.1. ANALISIS DE SENSIBILIDAD. ....	18
<b>CAPITULO 7</b>	<b>1</b>
<b>7.0. SELECCION Y CONTRATACION DE PERSONAL.</b>	<b>1</b>
7.1. EMPRESAS GENERADORAS Y COGENERADORAS. ....	1
7.2. LOS COSTOS POR MANO DE OBRA Y LOS SALARIOS. ....	1
7.3. LA PREPARACION DE LAS DESCRIPCIONES DE TRABAJOS. ....	4
7.3.1. DEFINICION DE CONCEPTOS. ....	5
7.3.2. LA COMPETENCIA PERFECTA EN LOS MERCADOS DE TRABAJO. ....	6
7.3.3. LA COMPETENCIA IMPERFECTA EN LOS MERCADOS DE TRABAJO. ....	6
7.3.3.1. EL MONOPOLIO EN LA FUERZA DE TRABAJO. ....	7
7.3.3.2. MONOPSONIO DE LA FUERZA DE TRABAJO. ....	7
7.3.3.3. EL MONOPOLIO BILATERAL EN LA FUERZA DE TRABAJO. ....	7

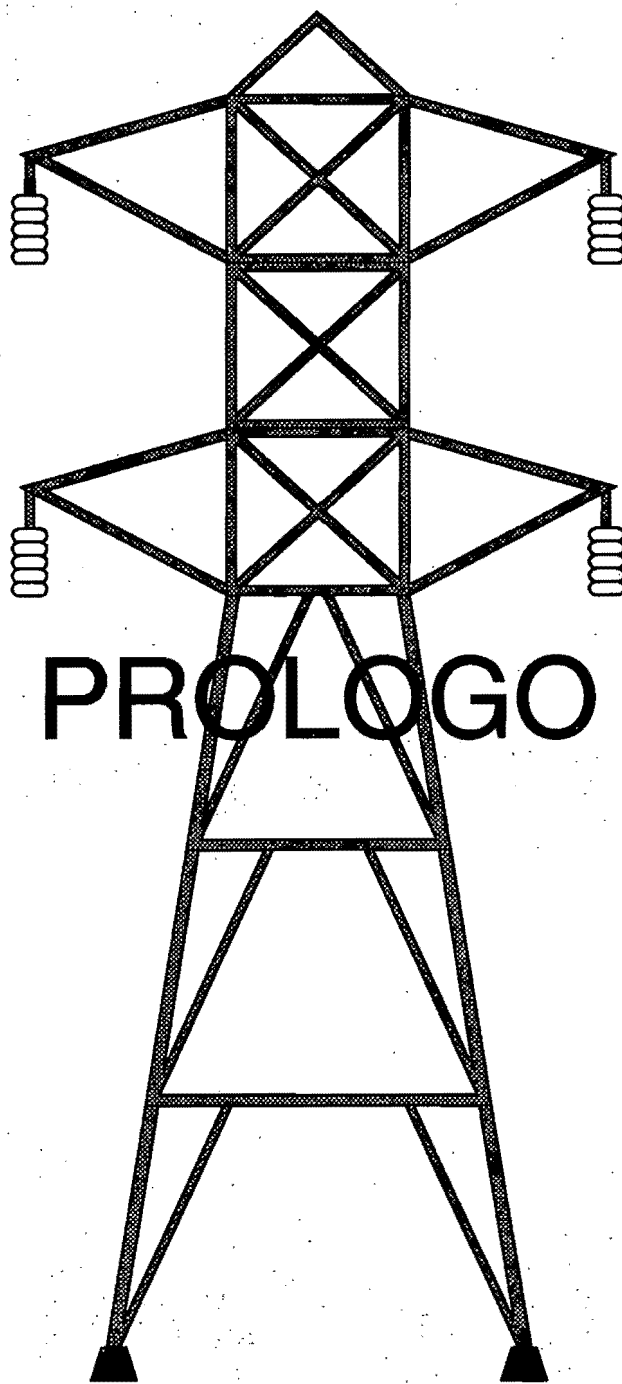
---

7.4. INFLUENCIA DE LOS SINDICATOS SOBRE LOS SALARIOS. ....	8
7.5. PLANEACION DE NECESIDADES DE RECURSOS PARA EL MANTENIMIENTO. ....	8
7.6. TRAZADO DE TASAS DE SALARIO. ....	11

---

**CAPITULO 8** **1**

8.0. CONCLUSIONES.	1
--------------------	---



# PROLOGO

---

# CAPITULO 0

---

## 0.0. PROLOGO.

### INVERSIONES DENTRO DE LA INDUSTRIA ELECTRICA EN MEXICO.

La industria eléctrica ha sido, y es para México, una de las industrias clave en su desarrollo, por lo cual el gobierno federal mantiene vigente el Programa de Obras e Inversión del Sector Eléctrico (POISE) que contempla el crecimiento de los próximos 10 años, tratando de resolver los problemas de electrificación por medio de la construcción de nuevas centrales generadoras en diferentes regiones del país. Actualmente, debido a la crisis económica que afecta al país, la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.), ha ofrecido a la iniciativa privada el derecho de explotar centrales económicamente en forma plena, hasta recobrar la inversión inicial, más utilidades, y pasar posteriormente estas centrales a poder de CFE, al cumplirse un plazo determinado entre ambas partes. Este plan es muy atractivo, ya que México sin invertir ni arriesgar ningún centavo, que de todas formas no tiene, cubriría las necesidades eléctricas del país, (como lo dio a conocer la misma CFE, por medio de una nota periodística), principalmente ahora que "la tasa de crecimiento del 5 por ciento anual en la demanda eléctrica que registra actualmente, combinada con la disminución en el monto de las inversiones para construir nuevas centrales generadoras, puede provocar para el año entrante una reducción del margen de reserva de potencia de hasta el 4 por ciento". Sostiene un análisis elaborado por técnicos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). (El diario no menciona ninguna referencia a dicho análisis pero es de esperarse que corresponda al POISE 1990-1994).

"De esta manera (continúa la nota periodística), hasta el año 2010 a partir de 1987 en que la capacidad instalada era de 16 millones 743 mil kiloWatts, se establecieron dos pronósticos de crecimiento:

Uno del 5.9 por ciento y otro de 4.9 por ciento en promedio anual, para alcanzar respectivamente, una capacidad instalada en el primer caso, de 62 millones 870 mil kiloWatts y de 51 millones 87 mil kilowatts en el segundo escenario".

Los técnicos consideraban que "en el período 1987-1988 y principios de 1989, el consumo de electricidad sería de 100 mil millones de kiloWatts al año, observando que en el período 1980-1985, la tasa de crecimiento fue de 6.4 y de 1982 a 1988, de 5.6 por ciento" (La Jornada, Abril 4 de 1989).

Por tal motivo, la Comisión Federal de electricidad y la empresa japonesa Mitsubishi Corporation firmaron un contrato para la construcción de la termoeléctrica de Petacalco, en Lázaro Cárdenas, Michoacán, bajo la modalidad \*llave en mano\*.

En la construcción de la termoeléctrica, Japón invertirá 51 mil 789 millones de yenes (poco más de 900 millones de nuevos pesos) y adicionalmente 319.107 millones de nuevos pesos en equipos y refacciones de procedencia nacional.

"La planta de Petacalco -explicó la CFE- contará con dos turbogeneradores de 350 Megawatts cada uno y garantizará el abastecimiento oportuno de electricidad de la región de Lázaro Cárdenas, que es uno de los polos industriales más importantes del occidente del país" (Novedades, abril 5 de 1989).

Petacalco era uno de los cuatro proyectos que bajo la modalidad \*llave en mano\* se construiría en México, siendo los otros: Tuxpan, Ver., Topolobampo, Son., y Carbón II (actualmente fuera de proyecto).

## EL MANTENIMIENTO DE LAS CENTRALES.

Ahora bien, cuando esas empresas entreguen a la entidad correspondiente el pleno control de la central generadora, ésta, obviamente requerirá de un mantenimiento preventivo mayor, así como el cambio de algunos elementos de máquinas y equipos (que supuestamente las empresas privadas, no efectuarán para evitar más erogaciones en la central), por lo que debemos considerar la siguiente cita: "la inflación y la devaluación de nuestra moneda, dificulta el acceso a elementos de máquinas de importación, para usarlos como refacción, lo que obliga a tener un conocimiento pleno de las causas de falla, para fabricar o reparar en México el componente correspondiente" (Análisis de Fallas en Elementos de Máquinas, tesis de Maestría en Ciencias de la Ingeniería Mecánica, México, 1989, Ruben Betanzos Tejeda, ESIME, IPN). No obstante, debe procurarse no solo la fabricación de elementos de máquinas, sino la fabricación de las máquinas mismas, aunque para ello sea necesario crear la infraestructura necesaria, apoyados en las diversas tecnologías (adquiridas actualmente a costos muy altos), para crear al mismo tiempo la propia. Sin embargo, de acuerdo al criterio de CFE (y haciendo alusión a otra cita), se considera que "Es notorio que durante el desarrollo de los mantenimientos mayores del generador de 346 MVA, de la Central Termoeléctrica \*Francisco Pérez Ríos\*, se requiere de técnicos japoneses para la supervisión de estos trabajos por ser la Industria Mitsubishi Electric Co., la que provee de estos generadores a México."

Este mantenimiento se refiere a efectuar una inspección minuciosa y detallada del generador y equipo auxiliar desmantelando todas sus piezas sin llegar al desmontaje del mismo; normalmente tiene una duración de 75 días y se hace cada 4 años, después de haber estado en operación continua.

"Como el generador es un equipo que depende de otro para su operación, como es (sic) la turbina de vapor, el generador de vapor, el sistema de excitación, etc., entonces si hay una falla imprevista en algunos de estos equipos principales mencionados y su reparación requiere de un tiempo mayor de 60 días y además coincide el tiempo que se tendrá que dar mantenimiento mayor preventivo a toda una unidad, se aprovechará para efectuar mantenimiento mayor al generador" (Programación y Ejecución del Mantenimiento Mayor Preventivo de un Generador de 346 MVA de la C.T. "Francisco Pérez Ríos" de la C.F.E. tesis profesional, Roberto Pérez Lugo y Juan Urbano García, México, 1986, F.E.S. Cuautitlan, UNAM). De acuerdo a estos criterios, se tendrán en la central a los representantes de todos y cada uno de los fabricantes respectivos, supervisando los trabajos de mantenimiento de los equipos en cuestión.

En la Central Termoeléctrica "Ing. Jorge Luque Loyola", de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro S.A., a partir de la terminación de los trabajos de cambio de frecuencia en 1983 y hasta mediados del año 1987, gracias a la capacitación obtenida por los técnicos que estuvieron presentes durante los trabajos del cambio de frecuencia, dirigidos por personal extranjero, se hacían las revisiones y/o reparaciones de las unidades turbogeneradoras, sus generadores de vapor y el equipo auxiliar, por una sección llamada "Mantenimiento Mayor", en coordinación con el área de Mantenimiento de Planta, las que estaban integradas por personal mexicano únicamente, sin que en dichas reparaciones de mantenimiento mayor, intervinieran en absoluto, la

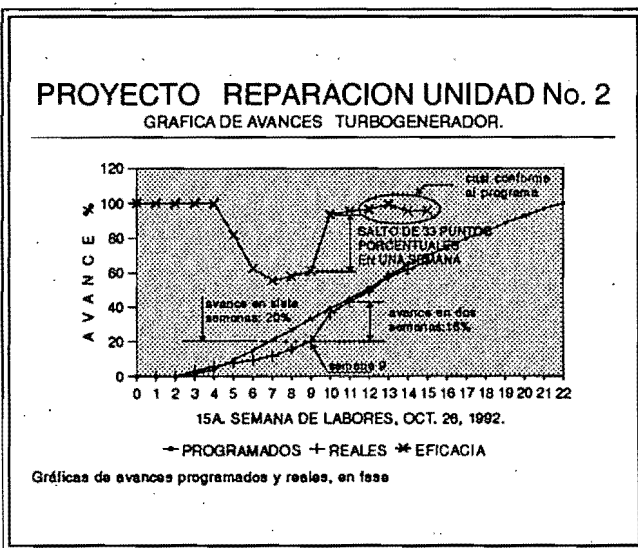
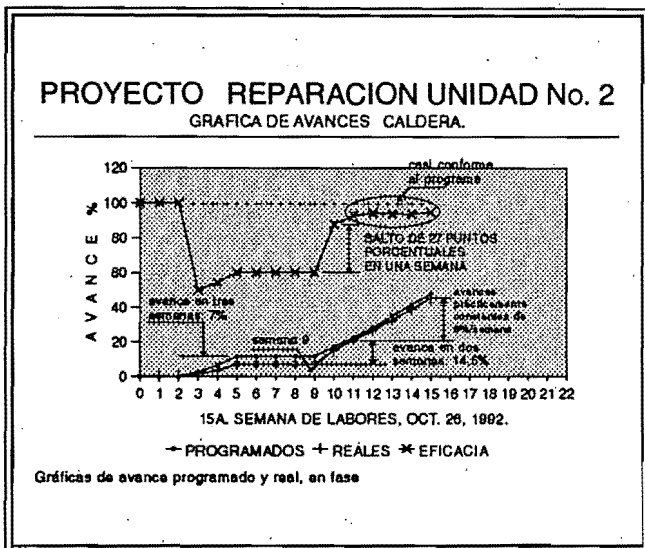
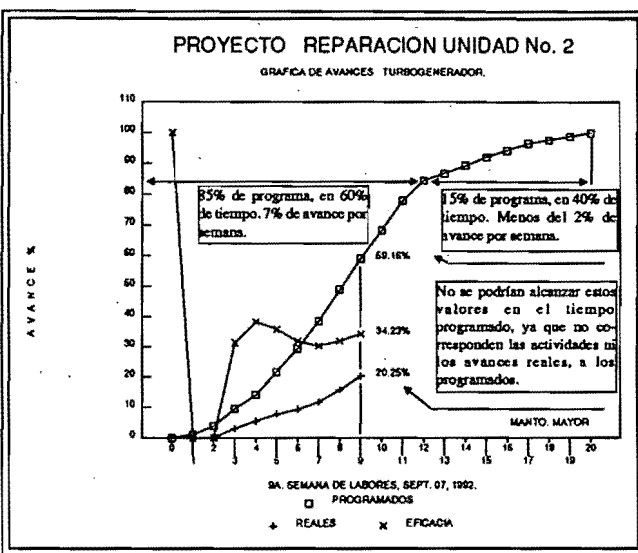
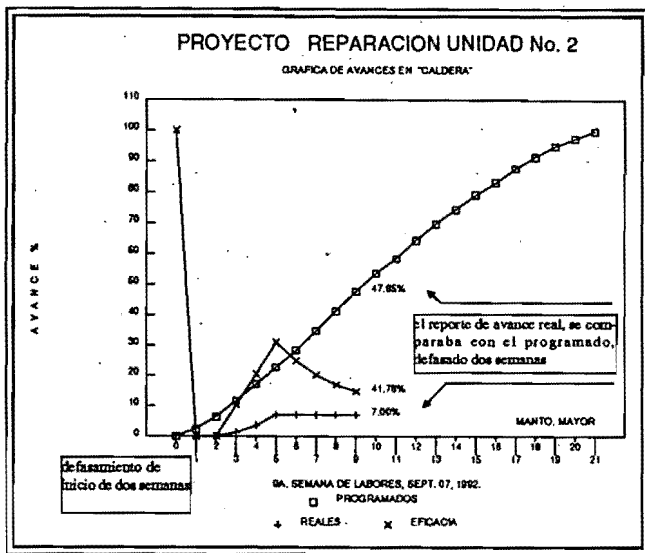
supervisión y/o mano de obra extranjeras, obteniéndose por tanto grandes ahorros para la Compañía así como "una experiencia invaluable para los nacionales". En tal período se logró implementar la ruta crítica en la elaboración de los proyectos de mantenimiento mayor en la central, y establecer algunos de los métodos de control que se discuten en este trabajo, logrando alcanzar con desviaciones dentro de los valores tolerados, los tiempos y costos previamente calculados que se presentaban ante la Gerencia de Producción y Subdirección de la empresa como anteproyectos. Posteriormente, a finales de 1987, se desecharon tales controles dejando únicamente -para información a la administración superior-, las gráficas de avance de obra y costos, las cuales, dicho sea de paso, se falsean para dar una imagen ante la Gerencia y la Subdirección de llevar un control adecuado (vease la figura P-1.). Como resultado, los proyectos se efectúan con tiempos y costos que llegan a duplicar y hasta a triplicar lo presupuestado, como puede apreciarse en las gráficas de la figura P.2. En tales gráficas (que no necesitan mayores comentarios), puede apreciarse como a pesar de que la supervisión se llevó un 18% de los costos presentados, no fue posible evitar grandes desviaciones.

### LA PRODUCTIVIDAD EN LA COMPAÑIA DE LUZ Y FUERZA.

Por otro lado, en el aspecto de productividad, la Compañía de Luz y Fuerza del Centro S.A. (CLyFSA, que conjunta varias empresas en liquidación) y el Sindicato Mexicano de Electricistas (SME), firmaron un convenio estableciendo que al término de 2 años y medio; las empresas deberán alcanzar los niveles de productividad, en lo referente a usuarios por trabajador y de usuarios por trabajador de distribución del resto del sector eléctrico nacional de acuerdo con el siguiente calendario:

	Usuarios por Trabajador	Usuarios por trabajador de Distribución
Septiembre 1993	137.1	237.0
Marzo 1994	149.9	264.8
Septiembre 1994	163.8	295.8
Marzo 1995	179.0	330.5
Septiembre 1995	195.7	369.2

Para lograr lo anterior, el SME se "comprometió" a cooperar con las empresas en las **medidas que habrán de adoptarse para el saneamiento financiero de las mismas**, aunque no sea el SME quien deba buscar y contratar a los usuarios, comprar el equipo y material en tipo, cantidad y calidad necesarios. Al terminar el primer plazo, que fenecía en Septiembre de 1993, debían haberse captado cerca de medio millón de nuevos usuarios y sólo se abrieron 70 mil nuevas solicitudes de servicio (14%), por lo que inmediatamente se comentó en los diferentes medios de comunicación, la noticia de la futura separación de 2 mil quinientos trabajadores de la empresa de un "sobrante" de 15 mil.



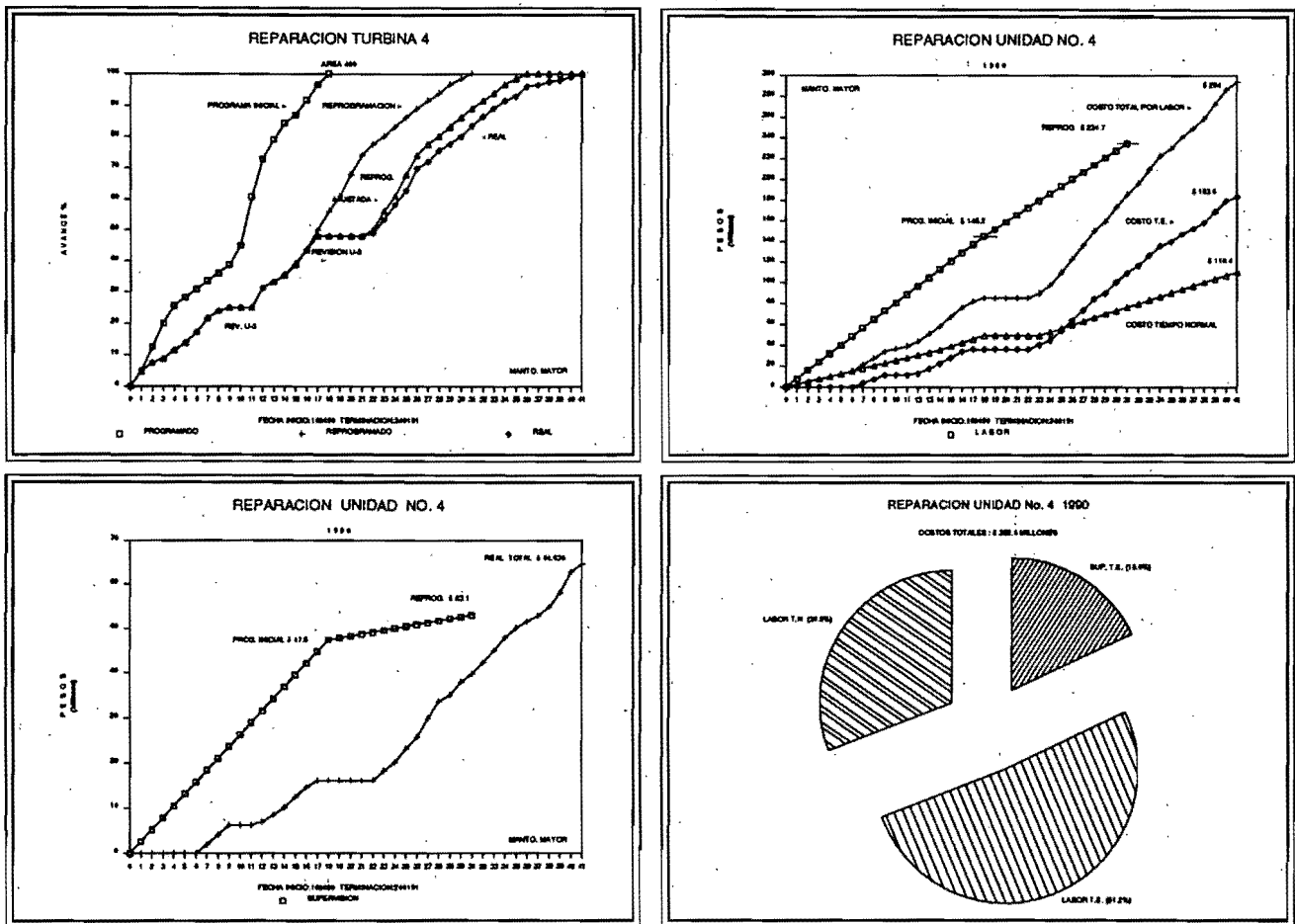
P-1.- GRAFICAS DE AVANCES DE OBRA Y EFICACIAS DE LA U-2.

La productividad (definida por los Administradores y Economistas), es solo un indicador de resultados que obedecen a una interacción de actividades de la organización, puestas en juego de una manera continua y compleja.

**LOS PRINCIPIOS ADMINISTRATIVOS.**

No es el SME, quien administra a la empresa, sino ella misma la que lo hace, sin cuidar adecuadamente el desarrollo de los proyectos, que como ejemplo mencionamos anteriormente, los de la central termoeléctrica "Ing. Jorge Luque", a partir de mediados del año 1987 rebasan con mucho los tiempos y costos presupuestados, sin que hasta la fecha se haga algo por ningún directivo o jefe para corregir tales excesos y/o abusos, que además no dejan siquiera el beneficio de un mantenimiento ni de regular calidad. Pero, como asienta Mac-Iver:





P-2.- GRAFICAS DE AVANCES DE OBRA Y COSTOS DE LA U-4.

"El hombre que manda puede no ser el más hábil, ni el más dispuesto; puede no ser en ningún sentido mejor que el promedio de sus compañeros y algunas veces, en lugar estándar intrínseco, es inferior a ellos. He aquí la magia del gobierno."

A petición del propio SME a la empresa, y con la finalidad de alargar la vida útil de esta central, se hizo un proyecto de mantenimiento, el cual se dividió en dos etapas: La primera contemplaba el mantenimiento de la unidad turbogeneradora número 3, en la que se incluían la torre de enfriamiento y el generador de vapor con la tubería de gas. La segunda etapa iniciaría al terminar la primera y preveía el mantenimiento de la unidad número 4 (la termoeléctrica tiene cuatro turbogeneradores: el uno y el dos son General Electric de 30 MW y el tres y el cuatro marca KraftWerk Union de 80 MW). El mantenimiento de cada unidad tendría una duración aproximada de 9 meses, con un costo total presupuestado de 21 millones de nuevos pesos. Al término de la primera etapa cuya duración y costo rebasaron enormemente lo calculado, a las pocas horas de sincronizada la unidad 3 al sistema eléctrico, la rueda número 5 de la turbina de baja presión sufrió el desprendimiento de un álabe que averió por completo los restantes, por lo que hubo necesidad de reparar la turbina cambiando los álabes de la rueda, en una empresa particular en la ciudad de Morelia, Michoacán, incrementando con esto, nuevamente los costos. La falla sin embargo, se estuvo anunciando por medio de elevadas vibraciones que rebasaban lo permisible por el fabricante. Respecto a la unidad número 4, al término de su revisión y pocas

horas de funcionamiento, quedó fuera del sistema eléctrico por fallas en el generador de vapor. Al final de las dos etapas los costos eran casi cuatro veces superiores al presupuesto y continuaban incrementándose. De 220 MW de capacidad instalada, la central generaba entre 10 y 15, únicamente. En Marzo de 1993, la turbina número 4 sufrió graves daños, que la dejaron inservible, al recibir vapor con menor temperatura a las condiciones normales de trabajo; al término del año, aún continuaba fuera de servicio, mientras se preparaba un programa para ponerla en funcionamiento, a mediados de 1996, con los rotores de las turbinas de alta y baja presión, diafragmas y otras refacciones, completamente nuevas e importadas de Alemania. *Ya se imaginará usted las pérdidas y los costos involucrados.*

## **EL PROFESIONISTA Y SU PREPARACION.**

Era importante mencionar lo anterior ya que en breve se pondrá en vigor el Tratado de Libre Comercio, y con la finalidad de señalar el grave problema que presenta la impreparación de los técnicos, y principalmente de los administradores (por lo menos en esta parte del sector eléctrico), para quienes la palabra PREVISION no está en sus diccionarios y los demás principios básicos de la administración los consideran letra muerta o superfluos. El profesional nacional debe regresar al aula por lo menos cada tres años (sino es que antes), para actualizar su conocimientos con los descubrimientos, cambios y adaptación de nuevas técnicas que van apareciendo en cada rama; conocimientos que de otra forma se vuelven obsoletos. Muchos profesionales de los cuales pocos se titulan, regularmente abandonan para siempre las aulas sin volverse a acordar de ellas, ya que nada los obliga a "sacrificar" parte de su tiempo para dedicarlo a su actualización o a enriquecer sus conocimientos.

## **ACLARACION.**

A la fecha de impresión de la tesis, se llevaron a cabo algunos acontecimientos, que se mencionarán brevemente:

El tratado de Libre comercio, entró en vigor.

Se creó Luz y Fuerza del Centro, asumiendo el gobierno el pasivo que la Compañía de Luz y Fuerza del Centro y Asociadas, había contraído con C.F.E., y que ascendía a N\$ 21 476 015 499, asume además, durante 5 años, el déficit operativo, aportando los recursos adicionales para inversión y modernización de las centrales generadoras, termoeléctrica "Ing. Jorge Luque Loyola" e hidroeléctrica de Necaxa, "mediante un programa de revitalización". Se crean además dos grupos de indicadores de productividad, 4 globales y 40 distribuidos en doce áreas.

Se crean nuevos puestos de confianza, y se transforman los anteriores (de gerencias a subdirecciones, y de subgerencias a gerencias, etc.). ¿Se corregirán y evitara así los vicios y errores anteriores? Con el tiempo se verá. Los hechos de hoy, conforman la historia del mañana.

## **EL CONTENIDO.**

De ninguna manera se pretende con este trabajo descubrir el hilo negro, pero sí (de ser posible) ayudar a desenredarlo, por lo que para aquellos que se interesen en los proyectos desde su inicio, en su desarrollo y terminación, se ha estructurado de la manera siguiente:

En el **CAPITULO UNO** se especifican los diferentes tipos de mantenimiento y la manera de codificarlos para poder llevar un control adecuado tanto en el aspecto contable como en el administrativo.

En el **CAPITULO DOS** se mencionan algunas formas de organización para mantenimientos repetitivos y continuos y los que podrían ser funcionales en un proyecto de mantenimiento, describiendo algunas funciones de los responsables de cada grupo organizativo.

En el **CAPITULO TRES**, sin entrar en la discusión de lo que es la ruta crítica, su desarrollo y el significado y uso de los símbolos, se da una idea de los aspectos más importantes de la misma, describiendo el sistema "Metra Potentials Method", que puede facilitar en muchos casos la elaboración de la red. Se menciona también la forma de calcular su costo óptimo desde el punto de vista de investigación de operaciones, así como algunos aspectos probabilísticos sobre la ruta crítica.

En el **CAPITULO CUATRO** se habla sobre la forma de asignar los recursos a las diferentes actividades del proyecto y su repercusión en el mismo.

En el **CAPITULO CINCO** se da una idea de la manera en que puede llevarse la información necesaria para supervisar el desarrollo del proyecto y los diferentes recursos destinados a él.

En el **CAPITULO SEIS** se trata la información tanto como una extensión del capítulo cinco, mencionando formas que ayuden a detectar las posibles desviaciones, y que permitirán, en un caso dado tomár las decisiones convenientes para corregirlas, como para que al término del proyecto ayuden en su análisis y proporcionen elementos necesarios para preveer tales inconvenientes en proyectos futuros.

En el **CAPITULO SIETE** se trata someramente en comparación a la amplitud de este tema, la prevención de contratación y adiestramiento del personal que inevitablemente y por diferentes causas será necesario sustituir o renovar, así como la manera de efectuar la selección adecuada.

En el **CAPITULO OCHO** se expresan las conclusiones a los puntos tratados en los siete capítulos anteriores.



**CAPITULO 1**  
**MANTENIMIENTOS**  
**PREVENTIVO**

**Y**  
**CORRECTIVO**



---

# CAPITULO 1

---

## 1.0. MANTENIMIENTOS PREVENTIVO Y CORRECTIVO.

### 1.1. EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Se define como la conservación planeada de instalaciones y equipos, basada en inspecciones periódicas que ayudan a descubrir condiciones defectuosas. Su finalidad es reducir al mínimo las interrupciones así como depreciaciones excesivas, resultantes de negligencias. En ningún caso debe permitirse que alguna máquina o instalación llegue hasta el punto de falla o ruptura.

El mantenimiento preventivo, adecuadamente planeado, es un instrumento de reducción de costos, que ahorra dinero a la empresa mediante la conservación y la operación.

En todo plan de mantenimiento preventivo se pueden introducir cuantas adecuaciones y correcciones se deseen. Por un lado, cuando se trata de una central pequeña y la producción no es crítica, este tipo de mantenimiento puede constar de una inspección informal del equipo por parte del Superintendente de la Central de acuerdo con un plan periódico. por otro lado, se encuentran algunas centrales que usan equipo de control automático que avisa cuando las máquinas han producido una determinada cantidad de MegaWatts-hora (MWh), a fin de que puedan efectuarse las actividades de mantenimiento necesarias. Independientemente del grado de refinamiento a que se quiera llegar, un programa de mantenimiento preventivo debe incluir:

1. Una inspección periódica de las instalaciones y equipo para descubrir situaciones que puedan originar fallas o una depreciación perjudicial.
2. El mantenimiento necesario para remediar esas situaciones antes de que lleguen a revestir gravedad.

Si se permite que el equipo o instalaciones se deterioren, ya sea por un falso sentido de economía o por una producción muy presionada, es preciso entonces elaborar planes para elevar el nivel de funcionamiento del equipo hasta una norma mínima de mantenimiento con condiciones estables, antes de iniciar un programa de mantenimiento preventivo estructurado. De otro modo, los recursos de mantenimiento estarán demasiado ocupados reparando averías para que se pueda llevar a cabo una inspección y mantenimiento bajo programa. "Puede decirse como regla empírica, que una central termoeléctrica o fábrica que emplee más del 75 por ciento de su tiempo de mantenimiento en arreglar descomposturas, tendrá una probabilidad muy alta de tropezar con graves dificultades para ejecutar en forma regular el mantenimiento preventivo, a menos de que acondicione adecuadamente su maquinaria con el fin de que trabaje de manera normal".

Una investigación del equipo puede llevar a la eliminación de ciertas piezas o unidades de valor marginal, que comunmente imponen una fuerte carga de trabajo al mantenimiento, para conservarlas en estado de ope-

ración. Esta clase de maquinaria no debe ser conservada si su reconstrucción o reparación resulta antieconómica.

Tal análisis también puede revelar la necesidad de aumentar temporalmente la fuerza de trabajo con objeto de mejorar la condición del equipo o instalaciones hasta un nivel aceptable, antes de establecer el mantenimiento preventivo. En este caso no podrá cargarse el costo al programa de mantenimiento preventivo, ya que corresponde, más bien, a un mantenimiento diferido, como consecuencia de uno inapropiado en el pasado. El costo erogado por las reparaciones pasadas puede establecerse por separado, a efecto de que la dirección general conozca su monto.

Cuando se haya establecido el programa, el número de trabajadores tendrá que ser inferior al que había inicialmente debido a reparaciones más económicas y menor número de paros. Por otra parte, el tiempo perdido de producción disminuirá, con un apreciable ahorro en los costos.

El objetivo principal de un mantenimiento preventivo, es disminuir los costos, asumiendo esta economía distintas formas:

1. Menor tiempo perdido, resultado de menor número de paros de maquinaria por descomposturas.
2. Mejor conservación y duración del equipo, por no haber necesidad de reponerlo antes de tiempo.
3. Menor costo por concepto de tiempo extraordinario de trabajo y una utilización más económica de los trabajadores de mantenimiento, resultados de laborar con un programa preestablecido.
4. Menos reparaciones en gran escala, reduciéndose éstas mediante reparaciones oportunas y de rutina.
5. Menor costo por concepto de reparaciones. Cuando una pieza falla en servicio, suele echar a perder otras, aumentando con ello aún más el costo de reparación. La prevención de averías reducirá los costos.
6. Identificación del equipo que origina gastos de mantenimiento exagerados, pudiéndose así señalar la necesidad de un trabajo de mantenimiento correctivo para el mismo, un mejor adiestramiento para el operador, o bien, el reemplazo de máquinas anticuadas.
7. Mejores condiciones de seguridad.

### **1.1.1. CAPACITACION PARA EL MANTENIMIENTO.**

Actualmente en las empresas, los márgenes de utilidades y pérdidas se determinan en gran parte por la calidad y eficacia del mantenimiento. La seguridad de que se puede depender de un equipo cada vez más complejo, está relacionada estrechamente a la calidad de la labor de mantenimiento. Es indispensable un adecuado adiestramiento del personal dedicado al mantenimiento, con la finalidad de conservar dicha eficacia, y mantener la calidad en un nivel alto, en la central termoelectrónica.

La maquinaria automática actual funciona con bastante complejidad. Cada vez se recurre más a los tableros electrónicos de control para que lleven a cabo funciones que podrían llamarse de criterio. Los aparatos con dispositivos perfeccionados de control y sensibilidad permiten una larga serie de operaciones interdependientes.

dientes, y al mismo tiempo, un margen menor y más estricto de tolerancia. Esto hace que cualquier paro resulte sumamente costoso. Por tanto, el refinamiento del equipo moderno exige una gran preparación técnica del personal de mantenimiento.

Además del preventivo, mencionado primero por su importancia, puede decirse que existen otros mantenimientos tales como:

### **1.1.2. MANTENIMIENTO PREDICTIVO.**

Con este tipo de mantenimiento, basado en datos estadísticos y teniendo en cuenta las curvas de tendencia, puede explorarse y predecirse con cierta seguridad el tiempo en que ocurrirá la falla o necesitará el equipo o maquinaria una reparación o acondicionamiento por estar en el límite de las normas preestablecidas, por lo que es de gran ayuda ya que siempre se contará con el equipo, refacciones y materiales que se necesitan en la reparación o acondicionamiento de determinada máquina.

## **1.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO.**

Tiene la finalidad de corregir los desperfectos ocasionados por una falla, y que, por tal razón, ocasionan el paro total de la planta o alguna unidad o la suspensión general del servicio, por lo que cabe mencionar que este mantenimiento se hace por fallas imprevistas o por falla de los programas de mantenimiento.

### **1.2.1. MANTENIMIENTO SUSTITUTIVO.**

Tiene por objeto evitar la suspensión del servicio o el paro total de la planta y se basa en:

- a). Identificar los equipos críticos que al fallar o salir de operación ocasionan suspensión total del proceso o servicio. Estos equipos deberán tener un duplicado o sustituto.
- b). Establecer una rotación en la operación de estos equipos los que siempre deberán estar en óptimas condiciones.

Esto, se logra con vigilancia del programa, por personal ajeno al mantenimiento.

## **1.3. MANTENIMIENTO PROGRAMADO O RUTINARIO.**

Es el trabajo que puede ejecutarse en intervalos regularmente cortos, cuando el equipo está trabajando o cuando está ocioso.

El objetivo final del mantenimiento de una central termoeléctrica en México, dadas las condiciones económicas actuales, en que una deuda tan grande de decenas de miles de millones de dólares, han requerido de un pago de intereses muy cercano al porcentaje de crecimiento anual del Producto Nacional Bruto (PNB), y que tácitamente estancó durante el sexenio de 1982 a 1988 a México, es la generación de energía eléctrica a muy bajos costos de producción que puedan ser pagados por el consumidor doméstico sin mermar su salario y por el industrial que repercutirá tales gastos a su producto terminado. Por tal motivo, es completamente necesario conservar las instalaciones en un estado de eficiencia máxima y con un costo mínimo. Debe entenderse que

toda operación o trabajo de mantenimiento tiene que estar sujeto a controles. Si estos no se toman en cuenta, o no se llevan a cabo, como debe ser, repercutirán finalmente en la generación.

### 1.3.1. AREAS DE COLABORACION Y APOYO AL MANTENIMIENTO.

Antes de instaurar un programa para cuantificar el trabajo de mantenimiento, habrá que conseguir el respaldo y la colaboración de los diferentes grupos involucrados, ya que, a menos de que se obtenga un apoyo en todos los niveles, los beneficios del programa se verán restringidos, o por lo menos, dificultada su consecución. La forma para realizarlo podría ser la siguiente:

1. Conviene asegurar el establecimiento de una política clara y definida de la empresa, en el sentido de la colaboración total a los programas de cuantificación de mantenimiento, incluida la dirección.

Resulta importante que al iniciar el programa se cuente con el respaldo de los diferentes grupos administrativos, aun de los que sólo tengan que ver ocasionalmente con el mismo. Por lo anterior, el plan deberá exponerse comprendiendo los objetivos, beneficios, procedimientos y problemas. Posterior a ello, deberán seguir informes periódicos en los que se comuniquen los adelantos logrados, que servirán para familiarizar y conseguir aceptación hacia el programa. En los grupos administrativos figurarán: ingeniería, compras, contabilidad, producción y relaciones industriales.

2. Es indispensable el apoyo de la supervisión de mantenimiento en todo proyecto de cuantificación de mantenimiento preventivo. Antes de iniciar el trabajo deberá ponerse en conocimiento de dicho grupo lo que se planea realizar. Todos los niveles de supervisión de mantenimiento serán informados oportunamente de los avances logrados, con especial atención a sobrestantes y otros funcionarios de supervisión que resulten directamente afectados. Deberá hacerse todo lo posible para que los sobrestantes de los distintos oficios estén debidamente preparados para que puedan contestar todas las preguntas que les formulen sus subordinados. Será deseable, algunas veces, hacer que los sobrestantes trabajen dentro del grupo de "ingeniería", durante varias semanas, cuando se estén efectuando los preparativos para la instauración del programa. Esto hará que dichos trabajadores se encuentren en posición óptima para conocer al detalle lo que se va a hacer, con lo que se conseguirá su total colaboración. Los distintos contactos con los oficiales de mantenimiento tendrán lugar por medio de los supervisores. Todo lo anterior forma parte de la "Administración por Objetivos".

3. A los trabajadores, en general (oficiales y/o mecánicos), se les instruirá lo más pronto posible respecto al proyecto. Por lo común, es conveniente anunciar al personal de mantenimiento en general, la implantación del plan. Luego, a medida que cada grupo y oficio vaya interviniendo, se dispondrán juntas con el personal relativo, las cuales se limitarán a pequeños grupos, siempre que sea posible. Asimismo, será deseable que los sobrestantes se expliquen ampliamente, contando con el asesoramiento y colaboración de ingeniería industrial.

Con antelación a la fecha de iniciación, se efectuará un número conveniente de reuniones con el personal de los grupos para explicar los distintos elementos y detalles del programa y responder a las dudas que se expresen. Por lo menos, cada semana se proporcionarán informes del desempeño a los trabajadores por medio de sus sobrestantes. También convendrá llevar a cabo juntas explicativas adicionales a dichos informes.



4. En lo que respecta al sindicato, dependiendo de su influencia y forma de trabajo, se invitará a los representantes del mismo a participar en las reuniones de información, lo más pronto posible. En ocasiones habrá que recabar el asentimiento formal o informal del sindicato, antes de implantar el programa. Es una buena práctica para el correcto entendimiento con el sindicato comunicarle los planes de la empresa, con bastante anticipación a su ejecución. Además, esto dará la oportunidad de explicar el programa y aclarar situaciones, sobre todo cuando se prevean reducciones de personal. También en este caso, se impone la necesidad de dar la información debida en forma periódica. Tanto los trabajadores como el sindicato aceptarán con mayor facilidad un plan de cuantificación del trabajo que pone en riesgo la estabilidad de algunos empleos, cuando se le vincula a un programa general de reducción de costos que abarque a toda la empresa, porque entonces se tratará de buscar economía en todos los aspectos, y no sólo en el de mantenimiento.

La planeación oportuna es necesaria para establecer las diferentes partes del programa; sin embargo, es imperativo que los resultados, de un desempeño eficaz y mejor, se prevean y planeen, pues van de por medio los empleos. A medida que el desempeño mejore, se programará trabajo adicional, o tal vez se llegará a la conclusión de que son menos los hombres que se necesitan para efectuar la labor.

Por lo común, un mejor desempeño da por resultado una mayor carga de trabajo y una disminución del personal. Ese aumento de labor proviene de actividades de mantenimiento que habían sido pospuestas con anterioridad.

La reducción de personal es un hecho que habrá de enfrentarse, al término de un mantenimiento mayor programado, por lo que será necesario:

1. Planear con anticipación la eliminación de la gente innecesaria, cuando se implante la cuantificación del mantenimiento y mejore el desempeño.
2. Desocupar los operarios sobrantes. Aun cuando se trata de una medida drástica, puede ser indispensable en ciertos casos. De todos modos, habrá que tratar de evitarla en pro de las buenas relaciones con el personal. Si se inculcase un despido al desarrollo de un programa, los beneficios del mismo serán menores o se demorarán.
3. Sucede con frecuencia que en el excedente de personal figuran trabajadores capaces, eficientes. A estos se les puede conservar pasándolos del trabajo de mantenimiento a otro de distinta índole, como por ejemplo, el de producción u operación; hasta que por separación espontánea de algún operario pueda reinstalársele en mantenimiento.

Debe tenerse en cuenta que en cualquier organización, son de primordial importancia la comunicación oportuna, así como las órdenes e instrucciones (que se giren), claras, amplias y precisas.

### 1.3.2. CODIFICACION DEL MANTENIMIENTO.

El número de formas o documentos internos puede reducirse al mínimo y los procedimientos simplificarse, clasificando el trabajo de mantenimiento según el tipo de actividad. Para que el resultado sea mejor, esa clasificación no deberá duplicarse.

Los trabajos pueden utilizar la enumeración que sigue, codificada mediante dos dígitos:

1. Mantenimiento preventivo (10):

1.1. Inspección y ajuste.

1.2. Aceitado y engrasado.

1.3. Sustitución de las partes desgastadas o estropeadas y ejecución de reparaciones menores que resulten.

1.4. Limpieza.

2. Mantenimiento correctivo (20):

2.1. Urgentes.

2.2. Habituales; además, sustitución de piezas diferentes de las del mantenimiento preventivo.

2.3. De rutina, en edificios, patios e instalaciones de servicio.

3. Mantenimiento mayor (30):

3.1. Renovación de maquinaria y equipo.

3.2. Renovación de edificios, patios e instalaciones de servicio.

4. Construcciones nuevas (40):

4.1. Modificaciones en maquinaria y equipos instalados, o adiciones a éstos.

4.2. Modificaciones en edificios, patios e instalaciones de servicio, o adiciones a éstos.

4.3. Instalación de nueva maquinaria o equipo.

4.4. Construcción de nuevos edificios, patios e instalaciones de servicio.

5. Seguridad (50):

5.1. Construcción, instalación o alteraciones que signifiquen una mayor seguridad.

6. Fabricación (60):

6.1. Fabricación de piezas o equipo empleado en reparaciones, renovaciones o construcciones.

## 6.2. Construcción de piezas o unidades empleadas en forma directa en la elaboración de los productos de la Central.

La clasificación contribuye a un rápido análisis de los costos, ya que separa los costos reales de mantenimiento, de los de actividades no relacionadas con la conservación en buen estado de la maquinaria, equipos e instalaciones de servicio existentes. Sin embargo, cabe aclarar que la clasificación no capacita para determinar cuáles máquinas implican un fuerte costo de mantenimiento.

En esta forma se pueden emplear cifras de dos dígitos para designar el tipo de actividad, de acuerdo a la siguiente tabla:

Regular	Eléctrico	
Número	Número	Tipo de mantenimiento
10	11	<p>Mantenimiento preventivo:</p> <p>Engrasar, lubricar, revisar, ajustar;</p> <p>efectuar reparaciones menores,</p> <p>mientras se revisa y ajusta.</p> <p>(Se consideran reparaciones menores,</p> <p>lasque no se llevan más de tres horas).</p>
20	21	<p>Mantenimiento correctivo:</p> <p>Reparaciones de emergencia y otras,</p> <p>que tienen por objeto conservar</p> <p>equipo e instalaciones en buenas</p> <p>condiciones de funcionamiento.</p>

Regular	Eléctrico	
Número	Número	Tipo de mantenimiento
30	31	Mantenimiento mayor: Renovación de maquinaria, equipo e instalaciones.
40	41	Modificaciones o adiciones: Modificación de maquinaria, equipo o instalaciones actuales.
50	51	Seguridad: Eliminación de riesgos.
60	61	Fabricación: Fabricación de partes o piezas para montaje.

TABLA 1.1.- CLASIFICACION DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MANTENIMIENTO.

El trabajo de mantenimiento puede, a su vez, haberse dividido en áreas, y éstas también, subdividido en otras, entre diversos grupos de personas, aun estando éstos bajo el control y supervisión de un superintendente y controlarse bajo tres dígitos, como por ejemplo:

100 área de mantenimiento de equipo mecánico.

110 subárea de bombas.

- 120 subárea de compresores.
- 200 área de mantenimiento de equipo eléctrico.
  - 210 subárea de baja tensión.
  - 220 subárea de alta tensión.
- 300 área de mantenimiento de equipo electrónico y/o laboratorio.
  - 310 subárea de control de turbinas.
  - 320 subárea de control de calderas.
- 400 área de mantenimiento de equipo de calderas y auxiliares.
  - 410 subárea de equipo de calderas.
  - 420 subárea de auxiliares.

Cuando se trata de equipo de adaptación específica o diseño especial, su mantenimiento se vuelve más difícil, y cobra particular importancia en virtud de los conocimientos expertos que se necesitan. Es indispensable un buen criterio para poder predecir el tipo y cantidad de piezas de repuesto que conviene tener siempre en existencia. Como se trata de un equipo especial, el tiempo de entrega de las piezas de repuesto determinará el monto de las existencias, que puede llegar a ser grande. Con esta clase de equipo, toda interrupción en el trabajo (tiempo de producción perdido), resulta muy costoso.

La maquinaria proyectada para fines particulares, se fabrica actualmente con base en conceptos avanzados de medición y control. Para operarla son indispensables dispositivos de limitación muy precisos, y complejos circuitos electrónicos que ponen en marcha, colocan en posición, controlan y miden operaciones de secuencia múltiple. Para atender estos aspectos se necesita personal de mantenimiento muy experto: el electricista tiene que capacitarse para la reparación y ajuste de controles electrónicos; el mecánico debe colocar, disponer y ajustar los elementos relativos de la mejor manera, o en su caso, será necesario contar con técnicos en electrónica altamente capacitados.

Por consiguiente, y sobre todo, tratándose de máquinas de tipo singular, los nuevos equipos requieren los conocimientos del especialista de mantenimiento.

Las operaciones o condiciones correspondientes al mantenimiento pueden comprender desde lo más sencillo hasta lo más complejo. En cuanto a la función de mantenimiento y su sitio en la organización, la simplicidad o complejidad de la operación no es un factor tan dominante como lo es el tipo de equipo, de servicios y de conocimientos que se precisan.

Las operaciones sencillas pueden exigir un mantenimiento complicado o extraordinario. Por otra parte, hay operaciones complejas que tal vez requieren un tipo muy simple de mantenimiento.

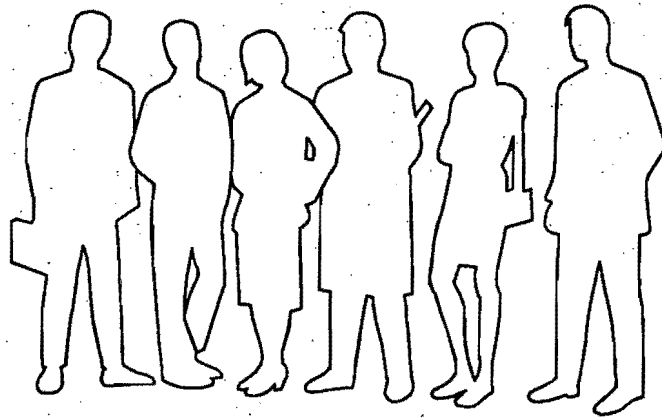
El manejo de plantas de vapor a alta presión y de equipo generador de energía eléctrica suele estar sujeto a reglamentos oficiales fijados por el gobierno. Se exige a los operadores que tengan licencia de varios niveles para que puedan manejar en forma legal esa clase de equipo.

Un trabajo altamente especializado, como éste, confiere mayor importancia a la labor de mantenimiento.

Hay adelantos técnicos que demandan nuevos conocimientos. Esta necesidad hace que crezca en magnitud el papel del mantenimiento en la empresa. Cada nuevo conocimiento exige un mayor grado de talento, habilidad y adiestramiento. Con frecuencia se necesitan ingenieros graduados o profesionales para desempeñar la función de mantenimiento. No es cosa fácil encontrar gente que esté debidamente preparada y que reúna todas esas cualidades. Este solo hecho puede ejercer una gran presión para determinar la parte y hasta la posición del mantenimiento dentro de la organización.

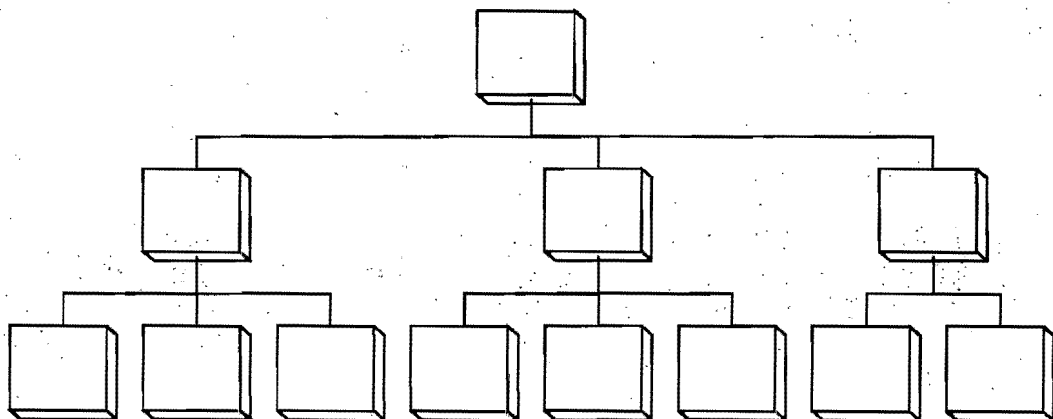
### **1.3.3. LA CONSTRUCCION.**

Se halla estrechamente relacionada al mantenimiento; puede definirse como el montaje de nuevas áreas o instalaciones para la organización de mantenimiento. Esto puede incluir varias cosas: desde situar o edificar oficinas o áreas nuevas dentro de lo ya instalado, hasta erigir cercas o cobertizos flamantes para bodegas o ampliar lo ya construido. También incluye la instalación de otros servicios; sean eléctricos, de aire, vapor, agua o alcantarillados, de acuerdo con las necesidades de la nueva área o instalación.



## CAPITULO 2

# ORGANIZACION DURANTE EL MANTENIMIENTO



---

# CAPITULO 2

---

## 2.0. ORGANIZACION DURANTE EL MANTENIMIENTO.

### 2.1. LA AUTORIDAD EN LA ORGANIZACION.

Algunos autores definen la ORGANIZACION como "la estructura y asociación por la cual un grupo cooperativo de seres humanos asigna los trabajos entre sus miembros, identifica las relaciones e integra sus actividades hacia objetivos comunes". Tradicionalmente la organización ha sido analizada como la estructura de las relaciones de autoridad. La AUTORIDAD fue definida como el derecho y el poder de actuar. La autoridad en el sentido legal, fluye hacia abajo en una organización.

Un fundamento tradicional llamado PRINCIPIO NUMERICO, establece que la autoridad y la responsabilidad deben fluir en una línea clara e ininterrumpida desde el más alto hasta el más bajo ejecutivo. Los militares establecen esta idea bajo el término "cadena de mando".

Generalmente, la autoridad en las empresas se ejerce en forma vertical descendente (como se aprecia en el organigrama vertical de la figura 2.1.).

Por un lado, la autoridad va desde la Gerencia General, hasta los jefes de ínfima categoría; del otro lado, la responsabilidad va desde estos mismos jefes hasta la Gerencia General.

La expresión "la autoridad se delega, mientras que la responsabilidad sólo se comparte", es ahora un principio obsoleto que debe modificarse, ya que el jefe superior es tan responsable como el último empleado de lo que ocurre en esos niveles inferiores; sólo que él responderá no de lo que haga un solo empleado, sino de lo que hagan todos los jefes de nivel inferior, todos los del intermedio y todos los del superior; se busca, que si bien la autoridad se siga ejerciendo en forma descendente y la responsabilidad se dé en la ascendente, dentro de cada nivel haya una participación para fijar las metas; una especie de "balanceamiento", para poder contar con los puntos de vista, y si es posible, la conformidad del jefe superior y los jefes subordinados, antes

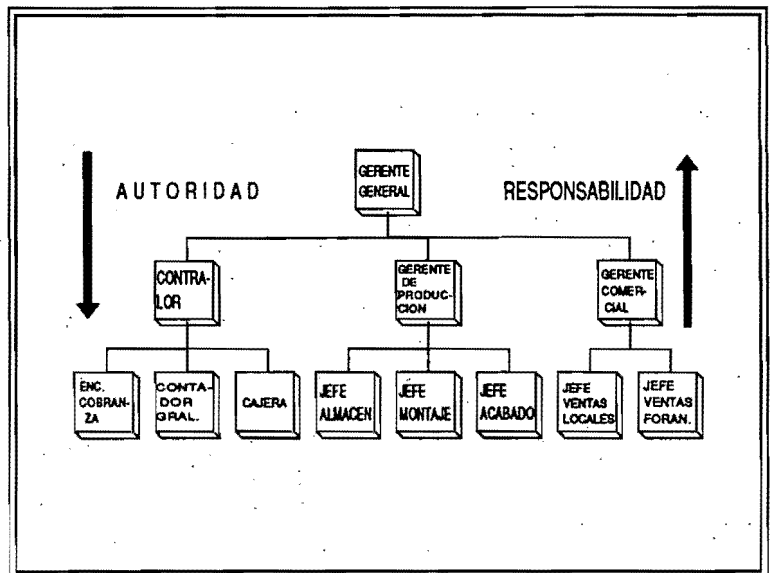


FIG.2.1.- ORGANIGRAMA VERTICAL.



de establecer los objetivos. El jefe de mayor jerarquía debe presentar a sus subalternos de los diferentes departamentos de su empresa, los resultados que pretende obtener, es conveniente que recabe la opinión de cada uno de ellos sobre lo que en este segundo nivel puede lograrse concretamente, para obtener los objetivos generales. Posteriormente a la realización de este paso, cuando se ha visto que es posible, y se ha aceptado en este segundo nivel, a través de cada uno de los jefes, la fijación de las metas, estos últimos a su vez deben pasarlas al tercer nivel, en el cual realizarán el mismo procedimiento.

Este concepto no se limita al "derecho de mandar, y la correlativa obligación de ser obedecido", sino que más bien se considera como "la capacidad para tomar decisiones que de alguna manera deban ejercer influencia en la empresa o en el trabajo de la empresa". Hay que distinguir entre autoridad y poder. Tomando en consideración la definición de **autoridad**, como el "crédito concedido a una persona o cosa en determinada materia" y autorizado, como "digno de respeto y crédito", mientras que **poder** es "dominio" o "tener permiso o autorización" (diccionario Larousse Usual, Librairie Larousse, 1974); luego entonces no todo poder significa tener autoridad; pero toda autoridad implica en cierto modo tener poder -al menos moral-, es decir: "los centros de poder no son necesariamente los mismos que los de autoridad ya que el poder es personal y no institucionalizado y significa dominio de la facultad que se tiene para dar a una persona lo que ésta quiere o de imponerle penas" (Bases Esenciales de la Administración, Joseph L. Massie, Editorial Diana, S.A. 11a. impresión, Octubre de 1989.). La "teoría de la aceptación de la autoridad" (de Barnard y Simon), establece el punto de vista de que una comunicación lleva autoridad sólo si el que la recibe lo acepta (lo que debería preverse siempre). La autoridad debe por fin aumentar la eficacia de la acción de cada persona aislada, por medio de la coordinación. El concepto de poder, es usado para describir cierto tipo de relaciones entre dos o más personas. El poder representa la posibilidad de emplear la fuerza, pero no necesariamente su empleo real; la posibilidad de aplicar sanciones, no su aplicación real. El poder simboliza la fuerza que puede ser aplicada en cualquier situación social. El poder, por consiguiente, no es la fuerza ni la autoridad, pero en cierto sentido constituye su síntesis. El poder se encuentra ligado a la estructura de sanciones y recompensas en un grupo o en una organización, pues quien lo detenta puede poner en juego esa estructura.

En la organización formal, el poder se transforma en autoridad. El derecho de usar la fuerza está entonces atado a ciertas posiciones relativas dentro de la organización y este derecho es lo que comúnmente llamamos autoridad. Es entonces la autoridad, en virtud de la cual las personas en una organización ejercen mando o control sobre otras personas. El poder en estos casos está unido a las posiciones relativas, no a las personas y completamente institucionalizado como autoridad. Algunas veces la autoridad claramente conferida en una posición relativa con respecto a una organización, puede no ser ejercida debido a que entra en conflicto con una norma moral, a la cual se adhieren los miembros de la organización.

**El poder implicado en el ejercicio de autoridad no necesariamente lleva una connotación de superioridad personal.**

Puede también definirse la autoridad como el poder para tomar decisiones que afectan la conducta de otras personas. Se ve pues, que la autoridad implica ciertos tipos de comportamiento tanto de los superiores como de los subordinados. Solamente cuando ambas partes se comportan de acuerdo con sus respectivos roles puede decirse que existe la autoridad. Podría decirse que la esencia del papel supervisor es mandar y la del subalterno, consiste en obedecer; sin embargo urge tomar en cuenta que existe una "zona de aceptación" de la autoridad por parte del subordinado. Fuera de tal área, la autoridad no es válida. Cada subordinado puede delimitar su propia zona de aceptación, dependiendo la amplitud de la misma de múltiples factores personales, sociales, etcétera.

Debe ante todo tratar de evitarse el autoritarismo, que se caracteriza porque dentro de él, se pretende fundar la autoridad más en el poder físico, económico o social, que en el poder moral o la necesidad de mandar algo.

Una característica del autoritarismo, consiste precisamente, en que considera que la intervención del inferior en la fijación de objetivos, de metas y funciones, no sólo es innecesaria, ya que el jefe superior lo sabe todo, y a él es a quien corresponde señalarlos; se piensa incluso en que la autoridad pierde prestigio por el hecho de explicar el porqué de lo que ordena, pero sobre todo, por el hecho de pedir sugerencias y puntos de vista sobre las metas que deben alcanzarse.

Otra de las características radica en que no admite siquiera sugerencias de cómo hacer las cosas. Debe tomarse en cuenta que, los jefes intermedios (todos aquellos que desde el Gerente General hasta el último empleado tengan carácter de jefes, pero con sueldo), son en realidad trabajadores, aunque representen a la empresa. Aunque sus sueldos sean muy elevados, técnicamente **siguen siendo asalariados** y tienen que mandar, precisamente en aras del interés de la empresa; pero en cambio, ellos mismos son parte del interés que su orden contraría.

Muchas veces un jefe tiene que dar una orden que no le convence; tiene que exigir de sus subordinados el cumplimiento de determinadas características o actividades que considera indebidas, injustas o inconvenientes. Si ya lo discutió con su jefe y éste no logró convencerlo, no obstante, está obligado por razón de su puesto, a dar esa orden y a cuidar de que se cumpla, aunque dicha orden no le parezca oportuna o efectiva. Cuanto mayor conocimiento tenga una persona de las razones por las que se busca un determinado objetivo, cuanto más conozca los beneficios que él y su empresa habrán de obtener de su acción, cuanto mejor conozca los motivos por los que debe hacer determinada función o por los que debe evitar otra, la manera de actuar será más segura, más consistente y más enérgica en toda clase de subalternos.

Dentro de la Industria Eléctrica Federal, LA INGENIERIA DE MANTENIMIENTO no depende directamente de la alta dirección, sino que depende de las Gerencias de Producción o Gerencias de Planta.

A la persona encargada de desarrollar actividades destinadas al buen funcionamiento del equipo en operación de determinadas áreas, se le conoce como Ingeniero de Planta, Superintendente de Mantenimiento, Ingeniero de Area de Mantenimiento, etcétera, y se auxilian para el desempeño de su trabajo, de: mayordomo de área, mayordomo de patio, ayudantes técnicos, maestros de taller o especialidad, operarios especialistas, cuadrillas de mantenimiento y ayudantes.

Como apoyo a la ingeniería de mantenimiento, debe tenerse como base la INGENIERIA DE INVESTIGACION, la cual puede subdividirse en:

INGENIERIA DE DESARROLLO que cubre la fase exploratoria del procesamiento de materiales.

INGENIERIA DE DISEÑO que implica la transferencia de nuevos procesos desarrollados en planos completos y específicos que se utilizan en la fabricación de equipo.

La INGENIERIA DE CONSTRUCCION O INSTALACION, emplea estos planos y especificaciones para la construcción y la instalación de equipo y máquinas. La INGENIERIA DE MANTENIMIENTO se aplica en la conservación de las máquinas y equipos en condiciones óptimas de operación.

Aun cuando la "INGENIERIA DE MANTENIMIENTO" se considera como el último eslabón en la cadena de la Ingeniería, en realidad, la experiencia adquirida en la operación durante toda la vida de las máquinas, sirve como base para la modificación de conceptos en las nuevas ideas que se tendrán para la ingeniería de investigación aplicada y la de diseño, obteniéndose mejores máquinas y equipos.

## **2.2. ORGANIZACION DEL MANTENIMIENTO.**

Al establecer una organización para manejar la Ingeniería de mantenimiento, debemos tener en cuenta que realmente no existe una organización "óptima" que pueda ser usada en todos los casos. La organización debe diseñarse para satisfacer las situaciones específicas técnicas, geográficas y de personal. Sin embargo, hay algunas reglas básicas que deben tenerse en cuenta al establecer alguna, para obtener la acción efectiva del grupo. Además, hay varios factores del problema de mantenimiento local que deben considerarse al desarrollar la organización óptima. Es muy importante que la estructura formal establecida, no produzca una relación artificialmente burocrática que pueda obstaculizar la operación uniforme del departamento. La organización que puede más fácilmente tener éxito, será aquella claramente definida, basada en algunas aseveraciones de validez universal y modificada para la situación local, asesorada por personas que entienden y aprecian los problemas de los demás.

### **2.2.1. CONCEPTOS BASICOS DE LA ORGANIZACION.**

Además de lo anteriormente señalado en el aspecto organizacional, deben tenerse en cuenta los siguientes conceptos básicos:

**1. Una división razonable y clara de la autoridad, sin entrecruzamientos o con muy pocos.** La división de la autoridad puede ser funcional, geográfica, basada en la experiencia, o con una combinación de las tres. Sin embargo, se señala nuevamente que debe haber una definición clara de la línea limítrofe, para evitar la confusión y los conflictos posibles que pueden resultar del entrecruzamiento de autoridad. Esto es particularmente importante en el caso de asesores asistentes.

**2. Las líneas verticales de autoridad y de responsabilidad deben ser tan cortas como sea posible.** El "amononamiento" o el uso de asistentes debe ser reducido al mínimo, a menos que se pueda hacer una clara división entre asistente y asistido. Entre los intereses de una organización eficiente está evitar el uso de cualquier nivel, sólo como medio de transmitir información a la parte superior e instrucciones a la inferior.

**3. Mantener la cantidad óptima de personas que informen a un solo individuo.** Esto es un aspecto que ha sido tratado acuciosamente por diferentes expertos del campo de la organización, creando la opinión general de que la organización más efectiva es la que limita de tres a seis la cantidad de personas que informan a un supervisor. Lo anterior considera que es "la cantidad promedio de cerebros humanos que otro cerebro humano puede manejar con efectividad" (Sir Ian Hamilton, "The Soul and Body of an Army", pag. 229, Edward Arnold and Co. London, 1921). Es claro por supuesto, que hay muchos factores que pueden afectar esta limitación, y que frecuentemente, cuando la cantidad de supervisión es pequeña y el tipo de trabajo supervisado sigue el mismo esquema general, se puede aumentar esta cantidad, algunas veces hasta diez o doce al diseñar una organización que satisfaga a un departamento específico de mantenimiento; es aconsejable considerar cuidadosamente esta razón: muy pocas personas

que informen a un individuo pueden producir desperdicio del talento supervisorio y demasiadas pueden producir una supervisión inadecuada.

**4. Adecuar la organización a las personalidades.** Otro principio de la buena organización es considerar las personalidades de los individuos que se encuentran en ella. Por supuesto, desde el punto de vista teórico, se debe considerar que una organización es técnicamente correcta y que las personas se deben adaptar a ella. Sin embargo, la aceptación de la tesis de que su organización debe ser un medio para lograr el funcionamiento correcto del departamento de mantenimiento requiere considerar a las personas que están vitalizando a la organización. Esto implica una organización de estructura flexible que sea revisada periódicamente para ponerla a tono con los cambios en el personal y en las condiciones.

Puede haber algunos otros factores básicos que deben considerarse al desarrollar la estructura de una organización, pero la experiencia ha probado que los anteriores son de importancia extraordinaria.

## 2.2.2. CONSIDERACION DE LAS DIFERENCIAS ENTRE PLANTAS.

La consideración de los aspectos básicos de una buena organización de **ingeniería de mantenimiento** debe acompañarse de la consideración de una cantidad de problemas locales. No hay dos plantas iguales, y sus diferencias necesitarán modificaciones en el énfasis dentro de la misma estructura organizacional básica de una planta a otra.

**1. Tipo de operación.** El mantenimiento puede ser predominante en una área o campo; por ejemplo, edificios, maquinaria, tubería, o equipo eléctrico. Incluso, el grado en que predomine uno de estos campos afectará el carácter del trabajo y la cantidad y tipo de supervisión. El predominio de una de estas categorías también puede evitar el uso de asesores.

**2. Continuidad de las operaciones.** Las operaciones llevadas a cabo en cinco días, en un solo turno, contra operaciones de siete días y de tres turnos, afectarán la magnitud de la fuerza de mantenimiento y la estructura de la organización de supervisión nocturna, introduce un problema de coordinación total. El mantenimiento planeado y preventivo asume en ambos aspectos enteramente diferentes, que pueden requerir reconocimiento organizacional. Por ejemplo, en una planta que trabaje cinco días y con un solo turno, puede llevarse a cabo todo el programa de mantenimiento preventivo, por un grupo de supervisores asesores que informen a una persona. En operaciones continuas, donde estas funciones puedan desarrollarse solamente cuando el equipo no labora, esta responsabilidad puede dividirse a un nivel en el que pueda ejercerse cuando surja la ocasión.

**3. Situación geográfica.** El tipo de organización de mantenimiento más efectivo en una planta compacta donde la fuerza puede operar desde una localización central, debe modificarse considerablemente para manejar una planta con equipo disperso. Una planta que ocupa una área considerable requiere descentralización y puede funcionar con varias organizaciones paralelas que desarrollen el mismo tipo de trabajo en localizaciones diferentes.

**4. Tamaño de la planta.** El tamaño de la planta en cuanto afecta a la cantidad de mantenimiento, debe considerarse en cualquier organización de mantenimiento. El efecto no es tanto en la estructura de la organización, como en la determinación de la cantidad de empleados de supervisión que se necesitan. Esto a su vez afecta la cantidad de niveles de supervisión necesarios para la administración efectiva. En una

planta con una gran cantidad de empleados de mantenimiento de supervisión, la densidad debe aumentarse considerablemente al nivel más bajo, para proporcionar un alto grado de especialización. Se pueden justificar muchas más subdivisiones, tanto de línea como del personal asesor de la supervisión, dado que este gasto indirecto se distribuye en una gran cantidad de personas. Sin embargo, en una planta pequeña, con frecuencia es necesario duplicar la responsabilidad, lo cual produce una organización compuesta de menos personas, pero más versátiles.

No hay reglas específicas para la relación exacta entre la magnitud de la fuerza de mantenimiento y la organización necesaria para administrarla adecuadamente. Esta relación puede afectarse en forma sensible por otros factores, pero, en general, cuanto más pequeña sea la planta, mayor es el costo de supervisión que se requiere para un mantenimiento adecuado.

### **2.2.3. ALCANCE DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DE LA PLANTA.**

En relación con aspectos ya tratados, debe considerarse la política de la planta -en cuanto determina las actividades del grupo de mantenimiento de la planta- para desarrollar la organización de este departamento. Aunque muchas de estas actividades puedan manejarse por supervisión adicional a niveles más bajos, tales diferencias, como la inclusión de servicios o el énfasis en diseño y construcción, así como en el mantenimiento, deben reconocerse en todos los niveles de una organización. En un departamento de ingeniería de mantenimiento, cuya responsabilidad se limite a un estricto mantenimiento de maquinaria y edificios, el alcance de la organización debe ser mucho menor que cuando se necesita proporcionar una organización para manejar actividades más variables.

### **2.2.4. ETAPA DE ADIESTRAMIENTO Y CONFIABILIDAD DE LA FUERZA DE TRABAJO.**

El estado de adiestramiento y de confiabilidad de la fuerza de trabajo variará de una localización a otra y debe considerarse al diseñar una organización, debido al efecto en la densidad de supervisión y en las provisiones de adiestramiento. Cuando predomina, por ejemplo, una industria de máquinas-herramientas, la disponibilidad de técnicos especializados y de supervisión competente se traduce en la necesidad de una organización supervisora mucho más pequeña, suponiendo que todos los demás factores permanezcan inalterables. Sin embargo en una área rural o en otras áreas donde los técnicos especializados son escasos, se necesita una supervisión más estrecha en todos los niveles y se requerirá un programa más amplio de adiestramiento. Otro factor es el grado hasta el cual un grupo no especializado puede ser efectivamente descentralizado. Con la necesidad de supervisión técnica más estrecha, el costo indirecto de la descentralización puede resultar prohibitivo.

Es conveniente considerar todos estos puntos al desarrollar la organización óptima de Ingeniería de Mantenimiento. A menudo se necesita comprometerse en algunas áreas, en tal forma que la estructura resultante sea la que produzca la operación inicial y ordenada del departamento, y que sea lo bastante flexible para que haya modificaciones que cubran las condiciones cambiantes, como crecimiento de la planta, modificación de la producción, desarrollo de personal y fluctuaciones de actividad.

### **2.2.5. CENTROS DECISORIOS.**

Las áreas de toma de decisiones que influyen de una manera directa o indirecta en el mantenimiento, prescriben los actos de éste. Pero el departamento de mantenimiento es en sí, un centro de toma de decisiones.

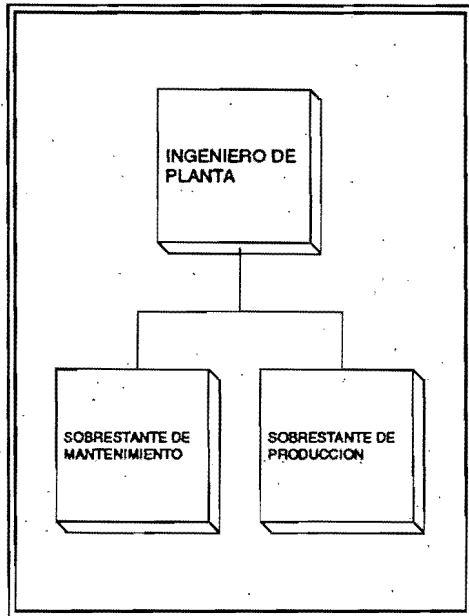


FIG.2.2.- ORGANIGRAMA DE UNA CENTRAL PEQUEÑA.

El tamaño de la organización determina en gran parte la naturaleza del intercambio de centros de toma de decisiones, por lo que se considerará la situación en una planta o central pequeña, después en una de tamaño intermedio, y finalmente, en una central grande.

En la central pequeña (figura 2.2.), como determinante de las áreas de toma de decisiones que influyen en el departamento de mantenimiento, hay tres centros de toma de decisiones: Supervisor de Mantenimiento, Supervisor de Producción e Ingeniero de Planta. El Supervisor de Mantenimiento se encuentra en el mismo nivel de la organización que el de Producción. El Ingeniero de Planta, arriba de ambos.

Cada centro tiene sus responsabilidades propias, ya que adopta innumerables determinaciones de acuerdo con los procedimientos de rutina, políticas, etcétera. Existe una comunicación tanto escrita como verbal entre estos tres centros. Cuando la comunicación escrita es rutinaria o suficientemente explícita, no es necesaria la verbal. Lo será sólo cuando los dos centros inferiores se vean perjudicados por una decisión única. Por ejemplo, en el caso de paro

de máquinas, la producción se detiene y el programa de mantenimiento se interrumpe necesariamente. Por tanto, es también necesario que las situaciones de prioridad sean objeto de discusión y decisión.

Como los centros de mantenimiento y producción se encuentran al mismo nivel, pueden obtenerse soluciones, probablemente, sin fricciones.

Las decisiones llegan a ser rutinarias, puesto que los dos departamentos tienen intereses de carácter común, pugnando por hacer posibles los intereses de la empresa.

En el organigrama de la figura 2.3., se supone que, el departamento de producción es tan complejo que se necesita un superintendente que dirija a varios supervisores. De esta forma, también se supone que el papel del departamento de mantenimiento no resulta tan complicado como el de producción.

Cuando el supervisor de mantenimiento se encuentre con un problema irregular que pueda afectar gravemente la producción, es probable

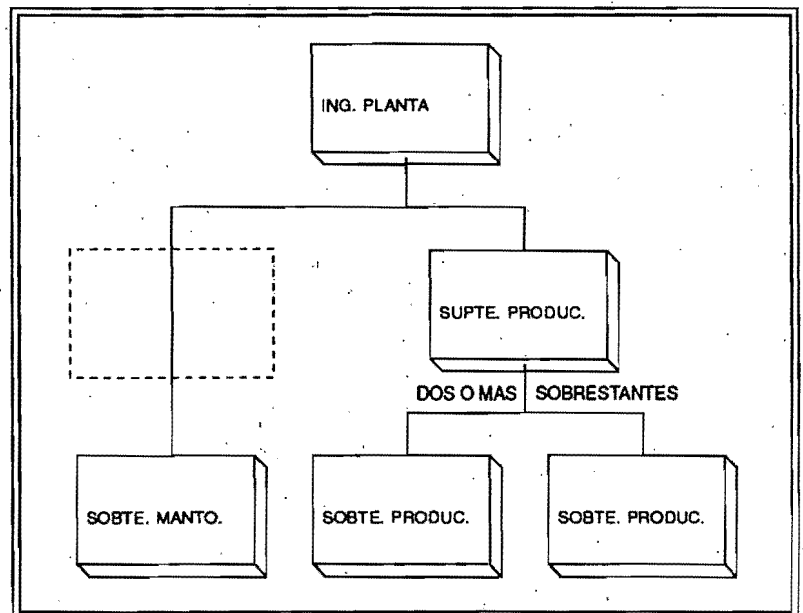


FIG.2.3.- ORGANIGRAMA DE UNA CENTRAL PEQUEÑA.

que no tome decisiones de manera independiente, sino que discuta el problema con el supervisor de producción quien resultaría dañado por dicho problema. Si posteriormente al cambio de impresiones no se ha logrado llegar a ningún acuerdo, puede plantearse entonces el problema al superintendente de producción y en su caso, al ingeniero de planta. De cualquier forma, el supervisor de mantenimiento, tendrá voz y voto cuando se consulte al superintendente. Y aún cuando el caso se lleve a la consideración del ingeniero de planta, es posible que continúe teniendo intervención, aunque esto no siempre sea costumbre.

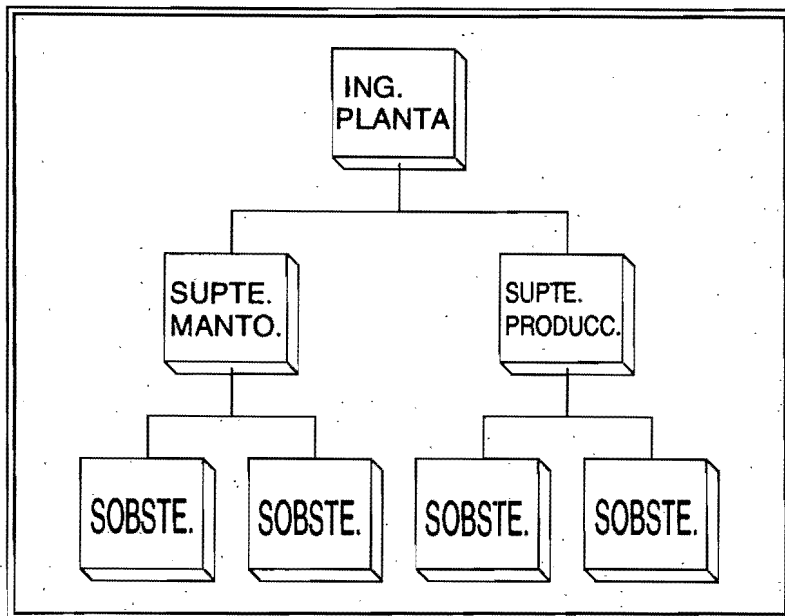


FIG.2.4.- ORGANIGRAMA DE UNA CENTRAL PEQUEÑA.

En la central pequeña de la figura 2.4., se puede observar que mantenimiento y producción se encuentran también al mismo nivel en la estructura orgánica.

El departamento de mantenimiento, en este caso es más grande o complejo y requiere un superintendente a cuyo cargo se encuentren los supervisores. Los departamentos de producción y mantenimiento están al mismo nivel y por tanto, tienen la misma importancia en la empresa. En virtud de programas que se traslapan, es probable que el superintendente de mantenimiento tenga contacto continuo con el de producción para tratar asuntos que alcanzan el nivel de su centro de toma de decisiones. Si mantenimiento y producción topan con una dificultad tan compleja que no pueda resolverse plenamente, evidentemente tendrán que plantearla al centro decisorio inmediato superior.

La dimensión de la planta, el número de centros de toma de decisiones y la importancia del mantenimiento aumentan en proporción a la magnitud de la producción.

Una organización complicada puede en ocasiones reducir el plan de toma de decisiones al mínimo, como en el caso de la central de tamaño medio, de la figura 2.5.

En una planta así, el departamento de mantenimiento es tan importante que necesita un superintendente muy bien preparado. Cuando cualquiera de sus supervisores someta a su consideración un problema que tenga ramificaciones trascendentales que sobrepasen los límites del departamento, aquél tendrá que consultar con el Director de Producción. Si se ve que existe un conflicto que no puede ser resuelto plenamente con alguna de las soluciones

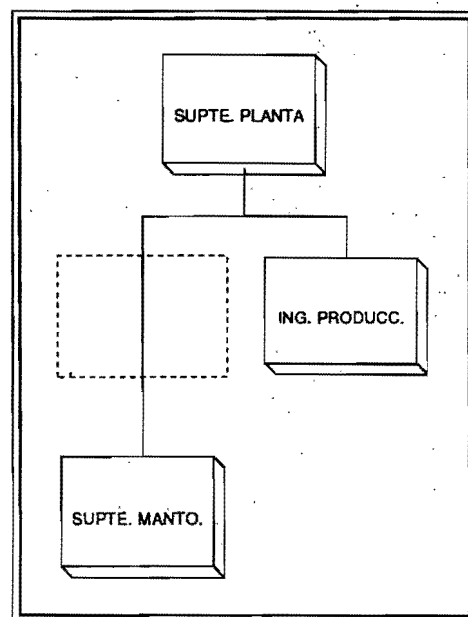


FIG.2.5.- ORGANIGRAMA DE UNA CENTRAL MEDIANA.

aportadas, habrá que recurrir al superintendente en jefe de planta, quien decidirá entonces lo que debe hacerse. Una red de adopción de decisiones relativamente sencilla como ésta resulta factible puesto que mantenimiento puede acudir al ingeniero de planta sin tener que consultar con un ingeniero de producción. Los problemas de mantenimiento se limitan a situaciones de rutina que sólo pueden volverse difíciles cuando las soluciones perjudican a otros departamentos.

La organización de la planta (figura 2.5.), de dimensión mediana se torna más compleja con la necesidad de un ingeniero de producción y otro de planta.

Cuando surge una situación difícil el superintendente de mantenimiento puede recurrir a especialistas propios; luego, consultar con el ingeniero de mantenimiento y el de planta, aunque es probable que sólo necesite la aprobación del ingeniero de producción, cuando se trate de decisiones importantes que influyan en otros departamentos. Los ingenieros de mantenimiento y de planta, junto con el superintendente de mantenimiento, constituyen un centro eficaz de toma de decisiones. Esta concentración de interés en el departamento de mantenimiento obtiene como resultado la posición del superintendente del mismo. Puede observarse que en este caso el departamento de producción está representado solo por su superior, el ingeniero de producción.

El organigrama de la figura 2.6., simplifica la tarea del jefe de mantenimiento en cuanto a que sólo tiene que hablar con una persona al presentarse un asunto problemático.

En caso de que la cuestión sea muy compleja e incluya producción (figura 2.7.), el ingeniero en jefe y el director de aquella tienen relación directa entre ellas y el superintendente de planta. Cuando se haga necesario, el ingeniero de planta y el superintendente de mantenimiento pueden asistir a la junta.

Como centro de adopción de determinaciones, el superintendente de mantenimiento se encarga de una amplia gama de problemas habituales que no se apartan de los procedimientos y políticas normales; pero cuando se trata de resoluciones que tengan que ver con otros departamentos, sólo constituye un eslabón en la red o sistema de toma de decisiones.

Si el departamento es autónomo cobra gran importancia ya sea en la empresa grande o con varias áreas.

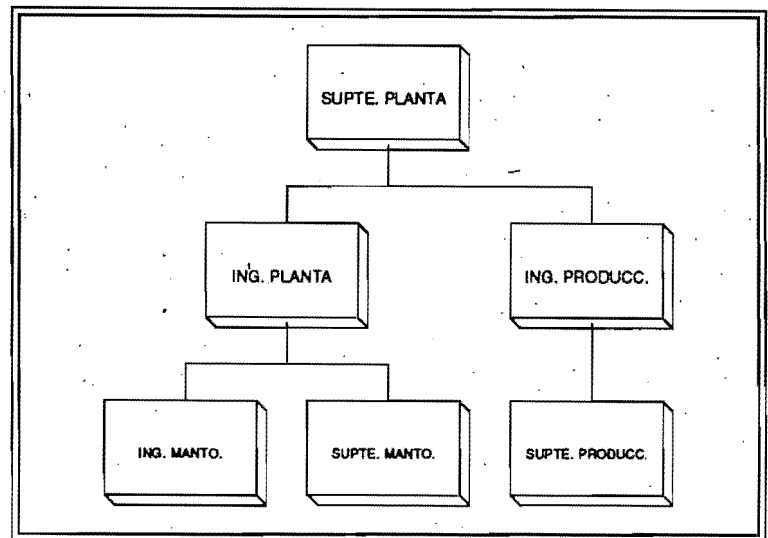


FIG.2.6.- ORGANIGRAMA DE UNA CENTRAL MEDIANA.

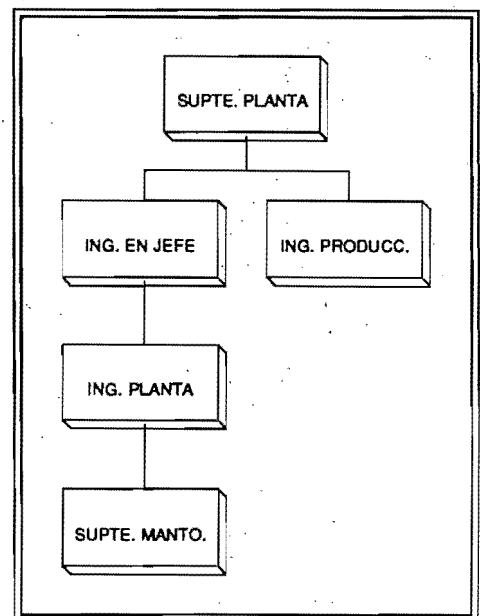


FIG.2.7.- ORGANIGRAMA DE UNA CENTRAL MEDIANA.



Es evidente que el tamaño de los talleres tiene mucho que ver con el lugar que ocupa la ingeniería de planta y con el departamento de mantenimiento dentro de la red de toma de decisiones. Pero la posición de mantenimiento en la empresa, como centro que adopta decisiones, se complica por el problema de la ubicación del taller físico dentro de la planta, por lo que es de capital importancia estudiar con cuidado la estructura y organización de los talleres de área, así como los centrales.

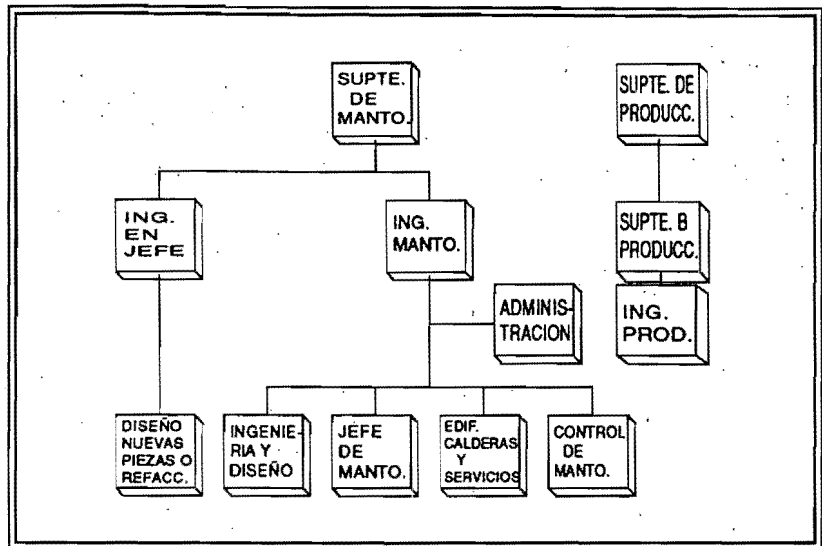


FIG.2.8.- ORG. DE UNA CENTRAL GRANDE O CON VARIAS AREAS.

La ubicación del local del departamento de mantenimiento tiene que ver con la organización de la función de éste. El problema es albergar todos

los oficios o especialidades en un solo sitio, o ver la conveniencia de que ciertos mecánicos se acomoden en un punto más cercano al equipo o instalación de cuyo mantenimiento son responsables.

El taller central es el que se encuentra situado en un lugar de la planta y en el que se halla un grupo de mantenimiento. El equipo empleado por el grupo se encuentra en el mismo sitio, así como la oficina de despacho del supervisor o jefe. Por lo común, son varios los grupos de trabajo adyacentes y que a menudo comparten la misma área o local. Cuando se encargan trabajos a los mecánicos del taller central es probable que tengan que trasladarse hasta el sitio donde desempeñarán sus labores.

El mecánico designado, es el que tiene su "residencia" en el área en la que su materia de trabajo se encuentra establecida. Puede ser que se presente en el taller central al iniciar su turno, desplazándose posteriormente a su área señalada, desde donde saldrá directamente de la planta al terminar su turno.

Son varias las razones para contar con mecánicos destinados regularmente a una zona, contándose entre ellas las siguientes:

1. Que haya suficiente trabajo con el fin de conservar ocupado al mecánico todos los días.
2. Que la importancia de la unidad justifique contar con personal de mantenimiento designado en cualquier momento, al surgir un problema.
3. Que el tiempo de traslado a/y del taller central se reduzca de manera perceptible (frecuentemente hay equipo y almacenes especiales dentro del área asignada).
4. Que los conocimientos especiales requeridos para el mantenimiento de un cierto equipo exijan de un tiempo considerable para su aprendizaje.

5. Que el mecánico designado cobre mayor interés hacia el área específica que se le ha destinado.

De igual forma, existen inconvenientes para tener mecánicos designados en forma permanente a una área:

1. Frecuentemente, los mecánicos designados no tienen una carga de trabajo uniforme. Esto hace que transcurran lapsos de ociosidad y sean menos productivos.
2. El mecánico designado se vuelve un operario altamente especializado y debido a ello tiene menos oportunidades de ampliar sus conocimientos con otro equipo. Hay trabajos para los cuales sólo se cuenta con uno o dos mecánicos que requieren de experiencia y conocimientos diversos, por ejemplo, un mecánico destinado a la atención de cierta área, necesitará varios tipos de conocimiento para cuidar de ella y del equipo auxiliar, como conectar tubería, soldar, manejar equipo eléctrico, hojalatear y hasta pintar (en este ejemplo, el área es lo bastante grande para exigir todos estos oficios; en el caso de que no lo fuese se pedirían al taller central según se necesiten).
3. Si de una manera regular, determinados individuos se destinan a áreas precisas en cada turno, se pierde algo de flexibilidad para el despliegue de la fuerza de mantenimiento.
4. Por lo común, es más difícil supervisar a los individuos designados cuando existen varias áreas. Esto hace que en ocasiones el mecánico tenga que controlarse por el superintendente de producción del área respectiva, lo que en muy pocas ocasiones permite obtener una eficacia máxima.

#### **2.2.6. FORMAS.**

La forma de "Orden de Trabajo". debe tener espacio destinado a especificar lo que se va a hacer, dónde, cuándo y por quién, así como para consignar todos aquellos datos pertinentes para la acumulación de costos, por lo que es recomendable usarse en plantas grandes.

#### **2.2.7. TRABAJOS REPETITIVOS Y SINGULARES.**

Las órdenes de trabajo se utilizan para solicitar servicios de mantenimiento en las tareas no repetitivas y cuando el costo sea lo suficientemente importante para efectuar un cálculo y aplicación de tiempo estándar. Las solicitudes por mes reducen al mínimo las labores de oficina y permiten acumulaciones exactas de los costos de inspección de mantenimiento preventivo. El departamento de mantenimiento, es el responsable de originar las órdenes de trabajo.

Las órdenes de trabajo constituyen la base para planear y programar las actividades de mantenimiento (las solicitudes se usan para trabajos menores de urgencia).

#### **2.2.8. EL COORDINADOR EN MANTENIMIENTO RUTINARIO.**

En los mantenimientos rutinarios es conveniente un "coordinador" de mantenimiento que efectúe las siguientes actividades:

Marcar de "terminado" las copias de la solicitud y de la orden de trabajo, y notificar al originador de éstas.

Enviar el original a contabilidad para la acumulación del costo de mano de obra, si la orden de trabajo se utiliza para registrar el tiempo empleado en la tarea.

Analizar las situaciones, costos y tiempo de paro, a efecto de que un mantenimiento correctivo pueda remediar las deficiencias de la maquinaria.

Elaborar informes para la administración.

Actualmente, estando los trabajadores contratados en forma permanente, se ha dejado (en gran parte) de lado la importancia del control de costos y del rendimiento del personal, por lo que es necesario retomar este tipo de controles y tender por medio de ellos a elevar la productividad y consecuentemente disminuir los costos de producción.

**Es conveniente recordar que el incremento de las tarifas eléctricas es inflacionario.**

### **2.3. ORGANIZACION DEL MANTENIMIENTO MEDIANTE PROYECTOS.**

Es importante en un PROYECTO DE MANTENIMIENTO MAYOR PREVENTIVO, considerar el tipo de estructura organizativa que tendrá en algunos casos que adecuarse para dicho efecto. Deberá establecerse plena y claramente donde (con qué pieza y/o equipo) empieza la responsabilidad de cada área que integra la organización de mantenimiento y dónde (en qué lugar, pieza o parte) termina tal responsabilidad, para evitar con ello que tales áreas se traslapen y/o se revise más de una vez algún equipo, o deje de hacerse tal revisión.

Las características específicas de los proyectos -en comparación con otros tipos de actividades (tal como el mantenimiento rutinario), que las organizaciones ejecutan- pueden resumirse en lo siguiente:

- a). Son finitos en el tiempo; tienen un inicio y un fin, predeterminados.
- b). Se constituyen de actividades no repetitivas, contrariamente a lo ocurrido con las actividades de producción que pueden ser ejecutadas mediante operaciones que siguen un patrón definido.
- c). Deben ser ejecutados dentro de un presupuesto específico.
- d). Establecen demandas gerenciales a partir de ciertas fases, incompatibles con la organización tradicional.

La estructuración de una nueva disciplina conocida como GERENCIA DE PROYECTOS o ADMINISTRACION DE PROYECTOS, se apoya fundamentalmente, en la revisión y actualización de enfoques en las tres áreas básicas de la administración:

- a). La estructura organizacional.
- b). El gerente de proyecto, como figura central del proceso de gerencia.
- c). los instrumentos de gerencia.

En la administración convencional, se tomaban cierto número de "principios" administrativos como punto de partida para la formulación de una estructura formal, sin considerar seriamente los objetivos. Dentro de esa estructura formal, la línea jerárquica, servía para integrar unidades funcionales separadas y relativamente autónomas a través de una relación de superiores a subordinados.

Actualmente, la imagen del antiguo jefe se ha transformado en la de coordinador, activador, incentivador, etc..., que prescinde de la coacción como elemento motor del proceso, obteniendo por tanto la cooperación espontánea, entusiasta y participante del elemento humano.

En la década de los años 50's, se consideraban dos modelos básicos de estructura organizacional:

- a). El modelo funcional creado por Taylor, divide la organización por funciones típicas: personal, finanzas, material, etcetera; donde cada trabajador responde no a un sólo jefe -como en la organización militar- sino a varios de ellos, según la especialidad o función de que se trate.
- b). El modelo divisional, que surge como un imperativo del propio desarrollo organizacional que le obliga a dividirse en unidades operacionales (por productos, región geográfica, proceso adoptado, etc...).

El modelo divisional sería un tipo del modelo organizacional denominado de "Línea-Estado Mayor" que se fundamenta en la idea de que la autoridad se divide entre comando y estudio. Se presume que el gerente ejecutivo no dispone de tiempo y oportunidad para investigar, analizar y estudiar, necesitando para estas actividades de un órgano que le provea asesoría y le suministre los conocimientos técnicos necesarios para el desempeño de la función gerencial.

Estos esquemas organizacionales, debido a su rigidez son excesivamente lentos para dar soluciones oportunas a problemas y situaciones, nuevos o poco familiares como los que encuentra el administrador de proyectos.

Por tanto, se han formulado modelos organizacionales alternos, que responden mejor a los nuevos requerimientos gerenciales, como son los rápidos cambios de ambientes externos, tiempo y recursos limitados para la realización de los trabajos, eventos críticos imprevisibles y la necesidad de movilizar rápidamente trabajadores, material y conocimiento técnico, de acuerdo con necesidades que presenten cronogramas, etc...

Las diferentes alternativas organizacionales, denominadas también administración por proyecto, varían ampliamente de acuerdo al grado de equilibrio que se desee entre la organización del proyecto y la organización matriz. De acuerdo al grado de independencia que se conceda al gerente del proyecto en relación a las decisiones sobre los recursos y las circunstancias particulares que caractericen a cada tipo de proyecto, los modelos pueden variar desde el simple "activador" hasta las complejas estructuras matricial y sistemática, las cuales son formas avanzadas de la gerencia de proyectos.

Dentro de estos modelos, los más comunes son:

- a). **EL ACTIVADOR DEL PROYECTO** (estructura tradicional informalmente modificada). También llamado de "acelerador", es una modificación de la estructura tradicional, hecha para facilitar el flujo de trabajo y la integración de los esfuerzos que se realizan en los diferentes departamentos funcionales.

El gerente del proyecto en este caso, es el propio presidente, gerente general u otro ejecutivo de la alta administración y el "activador" -sin posición formal dentro de la estructura jerárquica- desempeña más bien la función de nexo entre el gerente y los departamentos operativos. Su tarea consiste en la motivación informal de los trabajadores para alcanzar determinados resultados dentro del tiempo y costos prescritos, desarrollando un clima laboral adecuado, evitando las crisis y creando un sentido solidario y de cooperación entre diferentes unidades responsables de la ejecución del proyecto. Por su familiaridad con el proyecto y su intermediarismo entre las áreas gerencial y operacional, el activador se convierte en un punto de convergencia de todas las informaciones relacionadas con el proyecto. Las órdenes e instrucciones del gerente para las áreas operativas se transmiten a través del "activador", mientras que los informes sobre el avance de los trabajos que son "cuellos de botella", y las reivindicaciones de las diferentes áreas operativas, son informados por medio de éste a la gerencia. Por tal motivo se considera que el activador permite la "unidad de las comunicaciones".

b). EL COORDINADOR DEL PROYECTO (Estructura tradicional formalmente modificada, figura 2.9.). El activador es un recurso para resolver los problemas de comportamiento que pueden afectar el proceso gerencial y atrasar o encarecer el proyecto.

Sin embargo, posteriormente se descubrió que muchos de los problemas de coordinación tenían origen tanto en el comportamiento organizacional como en la propia estructura. Se creó entonces la figura del coordinador del proyecto, con funciones formales dentro de la organización y con atribuciones y responsabilidades para disciplinar, ordenar y sincronizar las actividades de ejecución que se efectúan en las distintas unidades operativas. El coordinador, igual que el activador, depende a su vez formalmente del gerente o presidente de la compañía, quien decide sobre presupuesto, plan de trabajo, plazos etc... Al coordinador se atribuye la facultad y la responsabilidad de garantizar el desarrollo de las operaciones de ejecución de acuerdo con los cronogramas y costos establecidos, fijar normas y controlar el desembolso de recursos financieros, dentro de los límites autorizados en el presupuesto.

El coordinador, con poca autoridad sobre las unidades ejecutoras, no es más que el activador evolucionando hacia un esquema organizacional de control formalizado de las operaciones de ejecución. Al coordinador le corresponde controlar que las operaciones de ejecución se realicen dentro de ciertos parámetros que le son dados por la gerencia, tales como: metas a alcanzar, plazo y costos. Esencialmente, la tarea del coordinador es la integración de los esfuerzos parciales, el control del flujo de trabajo y de fondos financieros para el cumplimiento de las metas físicas dentro del plazo estipulado. Para alcanzar este objetivo, debe mantener el ambiente de trabajo lo suficientemente fluido posible, tanto dentro de cada unidad ejecutora, como entre las diferentes unidades donde se realizan las actividades relacionadas con el proyecto. Por las características de su papel, se considera que el coordinador permite la "unidad de control" colocándose como un "sensor" que evalúa sistemáticamente el cumplimiento de las decisiones de la gerencia en los niveles operativos, mediante la comparación entre lo programado y lo realizado y

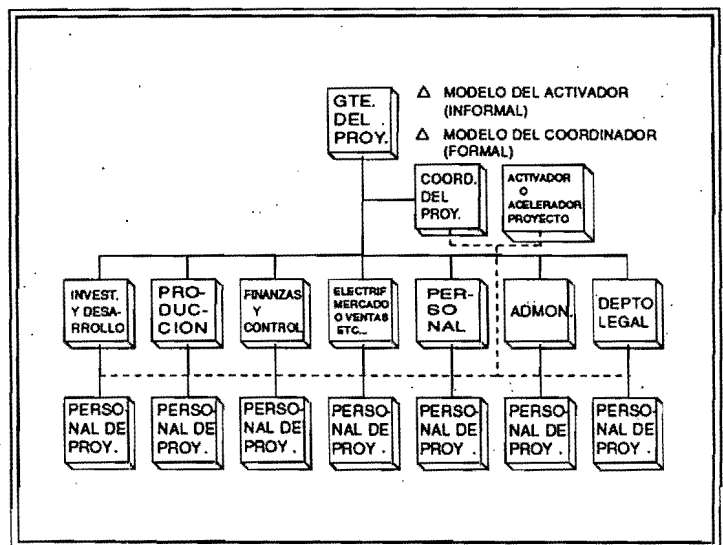


FIG.2.9.- ESTRUCT. TRADICIONAL MODIF. Y GCIA. DE PROY.

la identificación de desvíos significativos que se retransmiten a la gerencia para que ésta tome las decisiones correctivas que correspondan, y éstas de nuevo, puedan ejecutarse por las unidades operativas.

En los dos modelos mencionados, se tiene como característica común que:

Un gerente retiene toda la autoridad y responsabilidad por el proyecto total siendo -el activador informalmente y el coordinador, formalmente- un nexo entre la gerencia y las unidades ejecutoras, con poca o ninguna autoridad sobre éstas.

Los trabajos se ejecutan en las diversas unidades operacionales. Al gerente le corresponde decidir el qué, cuándo y a qué costo hacer y los departamentos operacionales deciden el cómo hacer. El flujo de comunicación y control entre las dos áreas se facilita -en términos de fluidez- a través de un recurso administrativo de emergencia: el activador o el coordinador, según el caso.

c). EL GERENTE DEL PROYECTO (estructura matricial, figura 2.10.). Con la aparición de la estructura matricial, la administración de proyectos -cuyos antecesores fueron los modelos anteriores- se aparta de la concepción tradicional de administración. Esta estructura es conveniente para establecer un sistema flexible y adaptable de recurso y de procedimientos para alcanzar una serie de objetivos de uno o más proyectos. Los departamentos funcionales ponen a disposición del gerente del proyecto, por el tiempo que dure el trabajo, un número suficiente -en cantidad y calidad- de personal necesario. De esta manera, la organización del proyecto se forma por el gerente y por grupos de personal de las áreas operacionales. En el organigrama las operaciones de línea (o proyectos) son ilustradas horizontalmente y las operaciones de apoyo funcional (funciones de la organización matriz) verticalmente, estableciéndose así, una "malla de relaciones" que sustituye a las relaciones lineales descendente-ascendente, de las organizaciones tradicionales.

El gerente del proyecto, con tal responsabilidad y autoridad, responde plenamente por las metas, planea el trabajo, distribuye y controla; convoca a los departamentos funcionales para las tareas que exigen la intervención de éstos por el tiempo que sea necesario. El gerente tiene autoridad para establecer una política de motivaciones adicionales al personal que trabaja en el proyecto, para promoverlos, retenerlos o exonerarlos de sus faltas o empleos según convenga al proyecto.

El gerente del proyecto en la estructura matricial, tiene plena libertad de actuación dentro de los límites de costo, tiempo y calidad, previstos en el propio proyecto, aun cuando estos parámetros pueden oscilar entre ciertos márgenes. Si el número de personal necesario para el proyecto -en cantidad o calidad- no puede ser proveído por los departamentos funcionales, el gerente puede solicitar la contratación por fuera de la organización durante el tiempo que dure la actividad. De esta manera el total del personal que trabaja en el proyecto puede provenir:

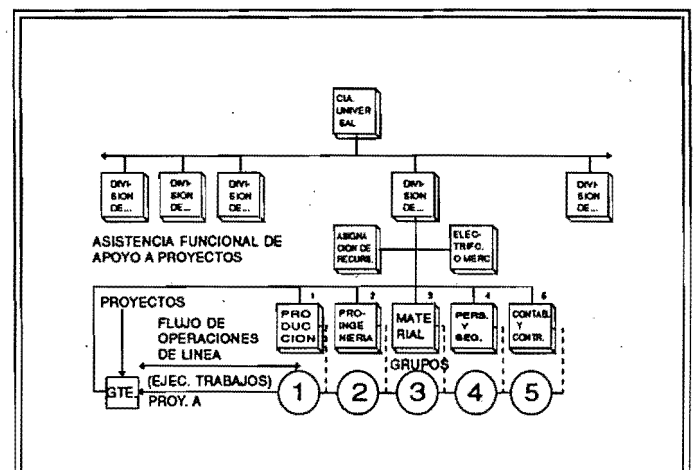


FIG.2.10.- ESTRUCTURA MATRICIAL Y GERENCIAL DE PROYECTOS.

de los departamentos funcionales de la organización matriz;

de fuera de la organización.

Estos últimos dependerán única y exclusivamente del gerente del proyecto en tanto dure el contrato de trabajo; por otro lado, el personal proveniente de los departamentos funcionales -de hecho- están sometidos a la autoridad de dos jefes simultáneamente: del jefe del departamento funcional de donde viene y a donde debe volver, una vez concluido el trabajo en el proyecto, y del gerente de éste, mientras dure la tarea para la cual ha sido convocado. Este hecho se considera como potencialmente conflictivo en este tipo de organización.

Toda estructura de Gerencia de Proyectos es, por su naturaleza transitoria. Una vez alcanzada la meta -concluido el proyecto-, la estructura se deshace y el personal es absorbido o reabsorbido por los departamentos funcionales, hasta que surjan nuevos proyectos.

d). EL GERENTE GENERAL DEL PROYECTO (estructura totalmente diseñada a partir del, y para el proyecto, figura 2.11.). La forma de centralización de autoridad y responsabilidad para la ejecución de un proyecto se da en este último modelo, conocido como de grupo de trabajo. Se caracteriza por el hecho de que el gerente retiene toda la autoridad para un mando centralizado de las operaciones de ejecución del proyecto, con facultades para asignar recursos, distribuir tareas, programar operaciones, contratar y despedir personal, etcetera, según los requerimientos del propio proyecto. En forma contraria a lo que ocurre bajo el tipo matricial de estructura; todo el trabajo bajo este último modelo, se desarrolla dentro de una organización propia del proyecto.

El gerente del proyecto (figura 2.11.), recibe de la alta dirección de la organización una labor que cumplir dentro de un presupuesto y tiempo previstos, y toda autonomía para planear, organizar, ejecutar y controlar la ejecución del proyecto. Responde, únicamente, de sus decisiones y sus actos, a la más alta autoridad que ordena la ejecución del proyecto.

Las diferencias entre la estructura tradicional, jerárquica y piramidal y las nuevas tendencias organizacionales, más flexibles y menos formalizadas, no significan que una sea peor que la otra. Es decir, son estilos diferentes, cada uno de ellos, apropiado para situaciones de producción diferentes. Las operaciones repetitivas, los procesos formalizados de coordinación y control -a través de la estructura jerárquica- tal vez sean mejores que los mecanismos de integración horizontal y diagonal que caracterizan a la administración por proyectos. Lo contrario puede suceder cuando el producto es nuevo; las operaciones no pueden seguir un patrón y muchas de las decisiones no son programables.

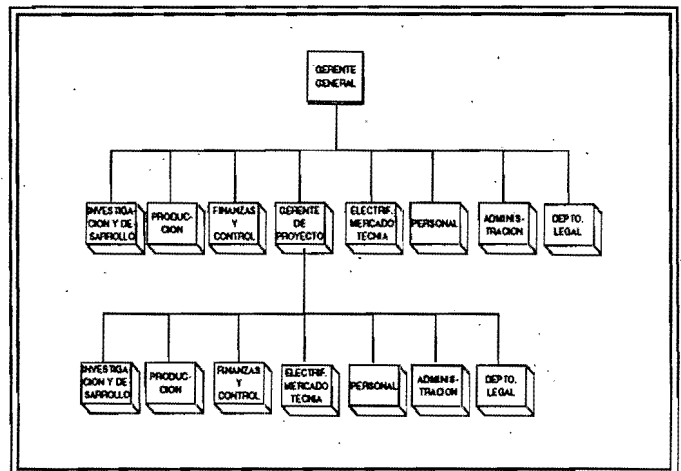
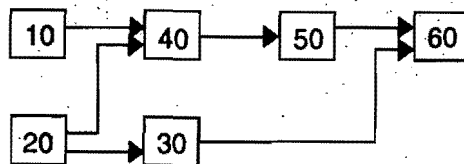
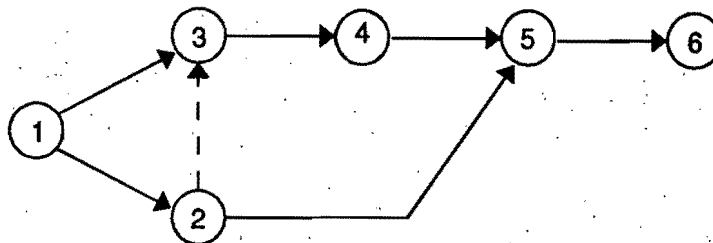


FIG. 2.11.- ESTRUCT. ORIENTADA EN TERMINOS DE PROYECTOS.



## CAPITULO 3

# ELABORACION DEL PROYECTO





## CAPITULO 3

### 3.0. ELABORACION DEL PROYECTO.

En los capítulos anteriores, se ha tratado sobre los diferentes mantenimientos que pueden establecerse en una central termoeléctrica, teniendo como objetivo principal el establecer el mantenimiento preventivo y como meta la conservación en óptimo estado de la central y por consiguiente el funcionamiento adecuado de ésta. El mantenimiento preventivo de un turbogenerador, caldera (o generador de vapor) y sus equipos auxiliares, se lleva a cabo en un tiempo considerable, por lo que se hace necesario un buen proyecto.

Un proyecto de mantenimiento debe elaborarse por medio de la red, camino o ruta crítica; métodos que tratan con la planeación, programación y control de actividades requeridas para terminar algún proyecto. Sobre el tema del análisis de redes se han publicado muchos libros en español y artículos, existiendo abundantes ejemplos que se usan ya en la práctica, por lo que no se discutirán ampliamente. Un análisis crítico, basado en el conocimiento pleno de las limitaciones y ventajas de la técnica de la ruta crítica, proporcionará al profesional los medios para:

Planear los proyectos de tal modo que puedan evaluarse los objetivos en términos de tiempo y costo.

Controlar los proyectos de manera que tan pronto como el funcionamiento real empiece a diferir del plan original, pueda aplicarse el remedio necesario.

Proporcionar un medio de comunicación entre los diversos departamentos, gerencias y compañías, involucrados en determinado proyecto.

Suministrar una disciplina a la organización mediante la implantación explícita de métodos de trabajo.

Mejorar la calidad de la estimación e implantación de los proyectos.

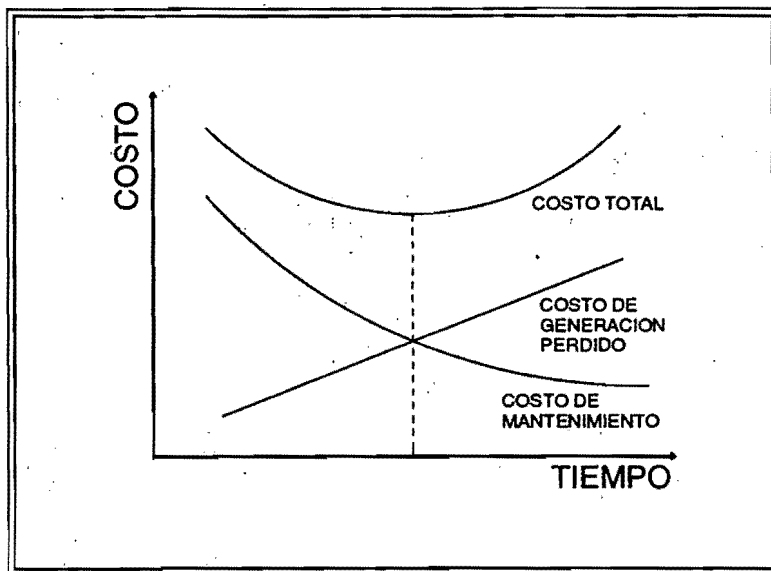


FIG.3.1.- TENDENCIA DE COSTOS.

### 3.1. METODOS DE PROGRAMACION.

Los métodos PERT (Program Evaluation and Review Technique) y CPM (Crítico Path Method) combinados, proporcionan una técnica auxiliar en la planeación y control de proyectos con los que se obtiene un programa de costo mínimo, como lo ilustra la figura 3.1.:

Para la elaboración del proyecto, es necesario definir y determinar clara y explícitamente los objetivos del proyecto. Debemos ser explícitos, sin ser específicos.

Definir cuál es el resultado real que se espera.

Definir cuándo, dónde y a qué costo se espera desarrollar el proyecto.

Definir las restricciones en cuanto a tiempo o recursos.

Existe un método alternativo al de trazar redes con flechas como actividades y con círculos como eventos, creado por Bernard Roy de la Metra International, conocido como método de potenciales Metra (Metra Potentials Method, MPM), y se conoce a sí mismo como diagramación de precedencia y diagramación de actividad en nodo. Este método actualmente con más frecuencia de uso sobre las redes de flechas y círculos, utiliza cuadros o círculos representando las actividades, mientras que las flechas representan la interdependencia lógica de las actividades. Una de las ventajas importantes de una red que utiliza el método MPM, consiste en que no requiere actividades ficticias para mantener la lógica.

Con el método MPM, es posible también, representar las restricciones de avance y retraso mediante la colocación de flechas relativas a las actividades. Si la flecha termina a la izquierda del nodo de la actividad, se considera que es una restricción en el inicio. De modo inverso, si termina arriba o abajo de la actividad, la restricción se encuentra entre la terminación de una actividad y el final de la siguiente (véase la figura 3.2.).

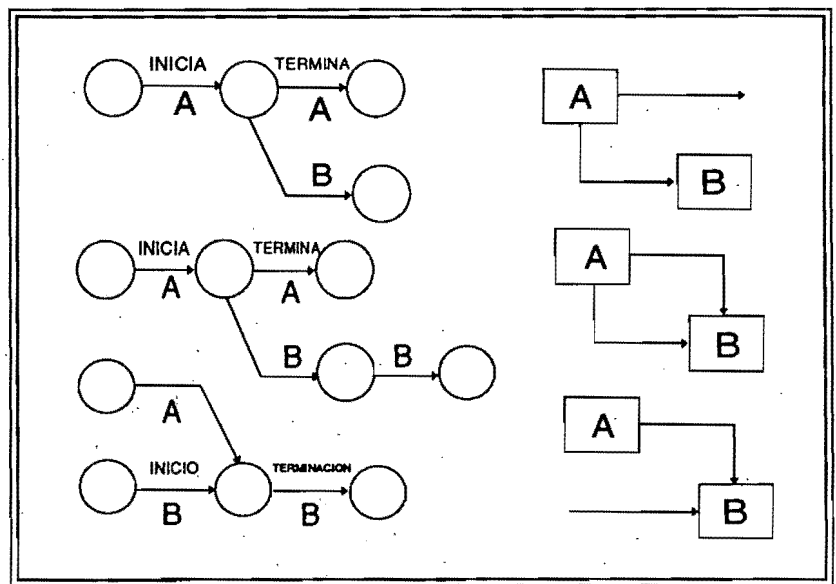


FIG.3.2.- DIAGRAMAS MPM Y DE FLECHAS CON CONSTRICCIONES.

Pueden insertarse actividades independientemente de las posiciones de otras actividades, por lo que este método, de preparar redes, resulta particularmente ventajoso en la etapa de planeación de un proyecto.

Sin embargo, la desventaja principal de las redes MPM es que se eliminan eventos.

### 3.1.1. ACORTAMIENTO DE ACTIVIDADES.

Cuando se prepara o elabora un proyecto, es necesario que finalmente se base en fechas de calendario, ajustando algunos de los eventos a fechas determinadas con objeto de coordinarlos con otros proyectos o acciones externas. En este caso la red se hallará controlada por estos eventos, haciendo el análisis con la determinación de sus tiempos.

Debe tomarse en cuenta además, la inseguridad en la estimación de las duraciones de las distintas actividades.

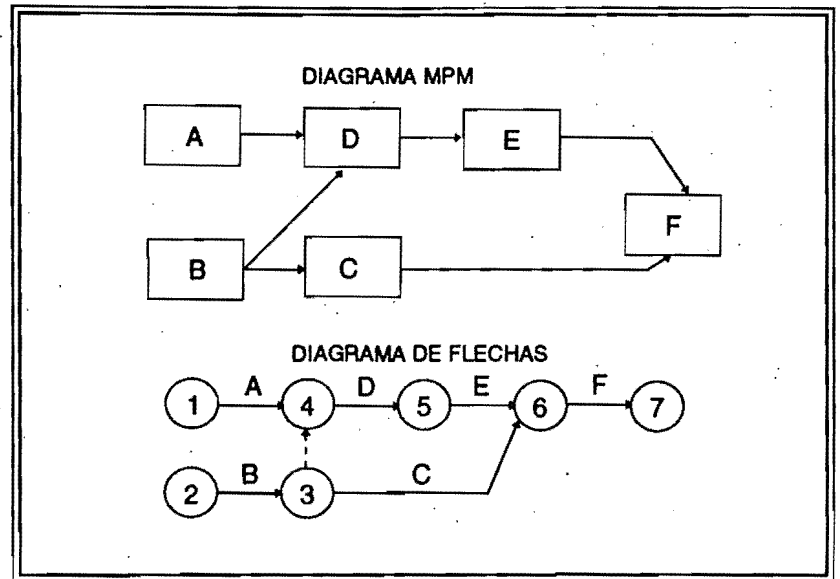


FIG.3.3.- DIAGRAMAS MPM Y DE FLECHAS.

Mediante la aplicación del método de la ruta crítica pueden además considerarse los efectos de costo, como resultado de la reducción en la duración de la actividad.

Debe tenerse en cuenta que podría haber, por decirlo así, "empates", de tal manera que un proyecto tenga más de una ruta crítica.

Puede suceder que el tiempo de terminación del proyecto programado sea mayor que el deseado, en cuyo caso la única forma en que puede reducirse es acortando una o más actividades "críticas" en su tiempo de duración. Lo anterior puede lograrse, recortando recursos de otras actividades u obteniendo recursos adicionales y por consiguiente, añadiendo costo al costo del proyecto. Regularmente, el acortamiento está disponible únicamente en cantidades discretas a un costo considerable. Las actividades cuya duración se han preseleccionado para ser acortadas deberán compararse sobre la base del costo de acortamiento tanto como la cantidad en la cuál tales actividades

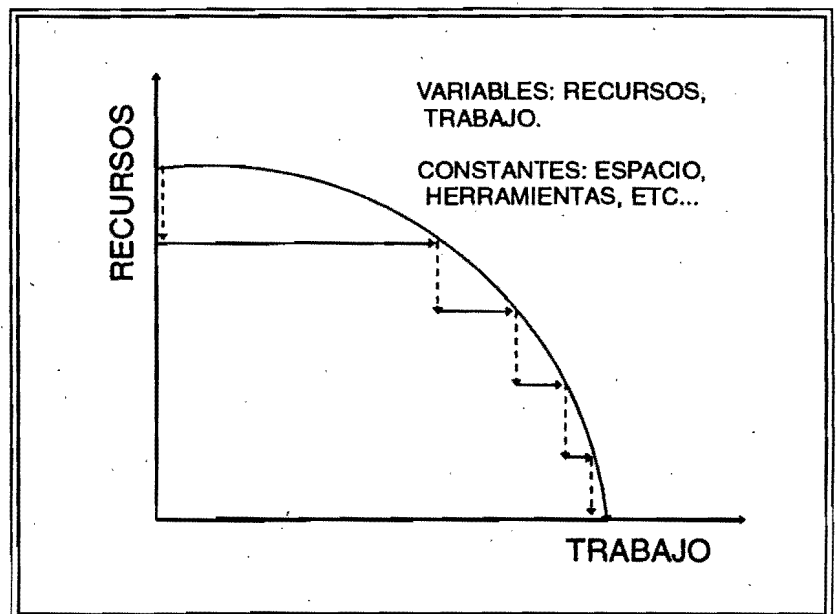


FIG.3.4.- RENDIMIENTOS DECRECIENTES.

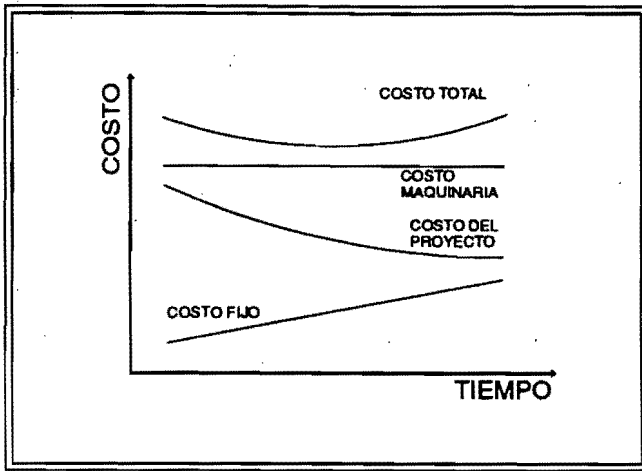


FIG.3.5.- CURVAS DE COSTOS, COSTO-TIEMPO.

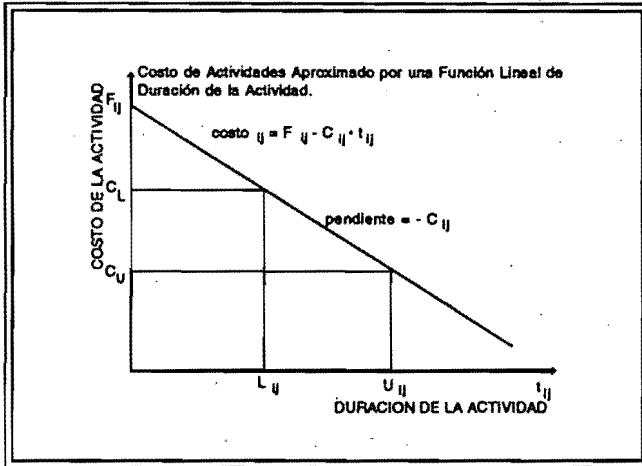


FIG.3.6.- MODELO DE COSTOS: FUNCION LINEAL.

cuál tales actividades reducirían el tiempo de terminación del proyecto.

Aun más, las decisiones de acortamiento no deberán hacerse sin evaluar su impacto potencial sobre las diversas rutas o caminos no críticos en la red. Si la "longitud" de la ruta crítica se reduce lo suficiente, alguna otra ruta puede llegar a ser crítica. Por tal motivo, puede estarse desperdiciando parte del costo incurrido para reducir la "longitud" de la ruta crítica.

Es muy importante tomar en cuenta que al reducir el tiempo de duración de la ruta o rutas críticas, en su caso, podremos estar limitados ahora, por lo que en economía se llama "La Ley de los Rendimientos Decrecientes" (véase la figura 3.4.), que dice que se obtiene cada vez menos de producto adicional cuando añadimos sucesivamente unidades adicionales iguales de un factor variable a una cantidad fija de algún otro factor.

### 3.1.2. RELACION COSTO-TIEMPO.

Una alternativa para considerar el acortamiento y reducir la terminación del proyecto a un nivel más satisfactorio, será considerar los tiempos de duración de todas las actividades como variables (dentro de límites), pudiendo de esta manera aproximar cada costo de actividad por una función de costo lineal. Así, dada una fecha de terminación preespecificada para el proyecto, se puede utilizar la "Programación Lineal" para calcular el costo

mínimo que satisfaga la fecha meta. Es de hacer notar que estando los tiempos de duración de la actividad disponibles, los tiempos más próximos de inicio también serán variables. Es muy importante entonces, que al tener ya efectuados los costos del proyecto, se grafiquen en conjunto con los costos fijos, de maquinaria, etc..., para obtener la curva del costo total de la cual se deduce el tiempo de duración del proyecto, en que éste tendrá una erogación mínima, como se aprecia en la figura 3.5.

Para la elaboración del modelo de programación lineal, es necesario definir (figura 3.6.):

$t_{ij}$  = Tiempo de duración de la actividad que conecta los eventos  $i$  y  $j$  (variable de decisión).

$L_{ij}; U_{ij}$  = Abscisas superior e inferior, respectivamente, sobre la duración de la actividad ( $i,j$ ).

$C_{ij}$  = Costo variable unitario asociado con la actividad (i,j). (La reducción del costo de la actividad por aumento unitario en el tiempo de la actividad).

$F_{ij}$  = Intercepción en el eje vertical del costo de la función de costo lineal para la actividad (i,j).

El costo asociado con una actividad (i,j) puede representarse por:

$$\text{Costo}_{ij} = F_{ij} - C_{ij} *^1 t_{ij} \quad (3.1)$$

como se aprecia en la figura 3.6. Sobre el rango de  $L_{ij}$  a  $U_{ij}$ , éste usualmente es un modelo de costo razonable.

En ciertas situaciones, otras formas funcionales podrían representar mejor el costo de la actividad que las ecuaciones lineales mostradas aquí. Además, en algunos casos, las variables  $t_{ij}$  podrían requerirse como discretas. La formulación de programación lineal mostrada, a menudo sin embargo, es una aproximación razonable.

En la práctica, las constantes  $C_{ij}$  y  $F_{ij}$  pueden estimarse como sigue:

Se obtienen estimadores para el costo de actividad asociado con los tiempos más pequeños y más grandes de actividad en la consideración de una actividad dada. Se representan estos valores por  $C_L$  y  $C_U$ , respectivamente. De  $C_L$  y  $C_U$  se pueden determinar fácilmente  $C_{ij}$  y  $F_{ij}$  ya que la función de costo es una línea recta.

La constante  $C_{ij}$  (la negativa de la pendiente), está dada por:

$$C_{ij} = (C_L - C_U)/(U_{ij} - L_{ij}) \quad (3.2)$$

Teniendo este valor,  $F_{ij}$  está dado por (3.1), como:

$$F_{ij} = C_L + C_{ij} * L_{ij} \quad (3.3)$$

Dadas estas definiciones, el modelo de programación lineal es:

$$\sum_{(i,j)} (F_{ij} - C_{ij} * t_{ij}) = \sum_{(i,j)} F_{ij} - \sum_{(i,j)} C_{ij} * t_{ij} \quad (3.4)$$

sujeto a:

$$T_i + t_{ij} \leq T_j \quad (3.5)$$

1 Este signo debe interpretarse como operador de multiplicación

$$T_n \leq \text{Meta} \quad (3.6.)$$

$$0 \leq L_{ij} \leq t_{ij} \leq U_{ij} \quad (3.7.)$$

más condiciones para que las  $T_j$  sean no-negativas. La primera suma, en la función objetivo, es una constante y puede eliminarse del problema de optimización. Es de observar, que la suma en la función objetivo al igual que todas las restricciones, son para todos los pares  $(i,j)$ , que tengan sentido en la red. Además, es de hacer notar cómo, las restricciones representadas por (3.5), obligan a que las  $T_j$  tengan los tiempos de evento más próximos apropiados. Finalmente se ve que (3.6), tiene el papel de forzar el proyecto para que se termine en o antes de la fecha meta. El resolver el modelo varias veces para la meta proporcionará un conocimiento considerable sobre los intercambios tiempo-costo.

### 3.1.3. INCERTIDUMBRE EN LOS TIEMPOS.

Anteriormente se supuso que todos los tiempos de duración de las actividades eran deterministas y conocidos con certeza, o se trataba de variables de decisión cuyo valor debía elegirse por la gerencia. Para muchos proyectos, la duración de la mayoría de las actividades es incierta y usualmente probabilística en lugar de determinista. Esto es realmente verdadero para grandes proyectos que se ejecutan por primera vez donde la experiencia anterior es sólo una guía, debido a que no se ha hecho antes nada similar.

Cuando las duraciones son inciertas, se hace el mismo tipo de cálculo que se hace en el caso de certeza (tiempos más próximos y más lejanos de los eventos, tiempos de inicio y fin de actividad, ruta crítica). Aquí, estos cálculos, están basados en la duración esperada para cada actividad. Además se calcula la variancia de la duración de cada actividad y se utiliza para determinar la variancia de la "longitud" de la ruta crítica esperada (esto es, el tiempo). Por tanto, además de tener una estimación de cuándo se espera que el proyecto esté listo, se tiene una estimación de la variancia asociada con este número. Por consiguiente, se puede calcular la probabilidad de que el proyecto esté listo en una fecha especificada. Esta información adicional es muy útil para la gerencia.

La práctica común es suponer que las duraciones de las actividades pueden caracterizarse por distribuciones Beta y que las duraciones para eventos diferentes son independientes. Para cada actividad se requerirán tres estimaciones de tiempo representadas por  $a$ ,  $m$  y  $b$ :

**a:** Estimación optimista -no es probable pero sí es posible si todo lo demás va bien-.

**m:** Estimación más probable -el modo de la distribución-.

**b:** Estimación pesimista -no es probable pero sí es posible si todo va mal-.

De estas estimaciones pueden calcularse la media y la variancia del tiempo para cada actividad utilizando las ecuaciones:

$$\mu = (a + 4m + b)/6 \quad (3.8.)$$

$$\sigma^2 = [(b - a)/6]^2 \quad (3.9.)$$

por tanto:

$$\sigma = (b - a) / 6 \quad (3.10.)$$

Por definición, la desviación normal representa el 68 % de seguridad.

Utilizando estos valores, la ruta crítica y su variancia pueden calcularse fácilmente. Ya que se supone que las actividades son independientes, la variancia asociada con la ruta crítica está dada por la suma de las variancias de las actividades que la abarcan. La probabilidad de terminar el proyecto en una fecha dada, puede entonces, calcularse utilizando una tabla de probabilidad normal. El uso de una distribución normal para describir el tiempo de terminación del proyecto viene del "Teorema del Límite Central". Ya que el tiempo de terminación del proyecto es la suma de las variables aleatorias independientes, éste por ende, es -aproximadamente- normal.

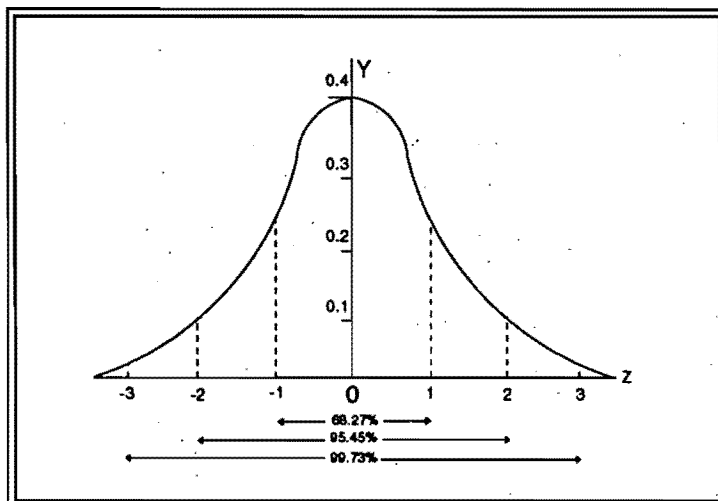


FIG.3.7.- DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD B.

Para ilustrar los cálculos, considere el ejemplo que se muestra en la tabla 3.1. El diagrama de red para este ejemplo se muestra en la figura 3.8. Las duraciones esperadas, así como las variancias se muestran sobre las

ACTIVIDAD	PRECEDENCIA	DIAS			$\mu$	$\sigma^2$
		a	m	b		
10	.	2	3	4	3	0.1111
20	.	1	3	4	2.833	0.2500
30	20	2	3	4	3	0.1111
40	10, 20	2	4	6	4	0.4444
50	40	1	3	5	3	0.4444
60	30, 50	1	2	3	2	0.1111

TABLA 3.1.- DATOS CON DURACIONES DE TIEMPOS INCIERTOS.

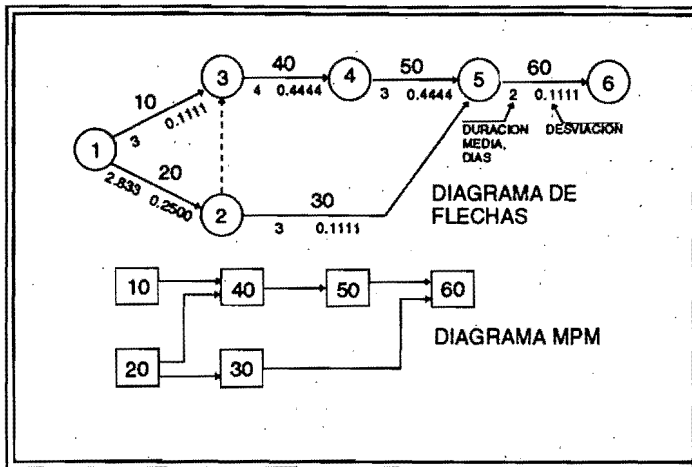


FIG.3.8.- DIAGRAMAS MPM Y DE FLECHAS DEL EJEMPLO.

La ruta crítica es la que consiste de las actividades 10, 40, 50 y 60. La variancia asociada con ésta es:

$$0.1111 + 0.4444 + 0.4444 + 0.1111 = 1.111.$$

Por consiguiente, la esperanza es que el proyecto se terminará en 12 días, con una variancia de 1.111.

Suponiendo que una "longitud" o tiempo de proyecto mayor de 14 días sería excesivo y se quiere conocer la probabilidad de que el proyecto esté terminado en menos de 14 días, conociendo ahora la media y la variancia del tiempo de terminación, se puede calcular fácilmente la

probabilidad de terminación en dicho tiempo. La desviación estándar para el tiempo de terminación es:

$$\sigma = (1.11)^{1/2} ; \sigma = 1.054 \text{ días}$$

Por consiguiente, el valor de la variable normal estándar Z, correspondiente a 14 días es:

$$Z = (14 - 12)/1.054 ; Z = 1.8975$$

Con el valor anterior y utilizando una tabla de distribución normal, se obtiene la probabilidad cuyo valor es aproximadamente:

$$p = 0.9426.$$

Ahora bien, no obstante que las duraciones de las actividades son inciertas, se tiene virtualmente la certeza de que el proyecto se terminará dentro de los 14 días.

Debe anotarse sin embargo, que el análisis probabilístico anterior supone que la ruta crítica permanece en efecto como la ruta límite a través de la red. Debido a la naturaleza aleatoria de los tiempos de duración, alguna ruta aparentemente no crítica puede surgir como la ruta crítica real. Si es probable que suceda esto, el enfoque anterior puede no ser adecuado, debido a que los cálculos tendrían que hacerse para cada ruta crítica posible. En tales casos, es mejor utilizar usualmente la "Simulación de Montecarlo" para determinar

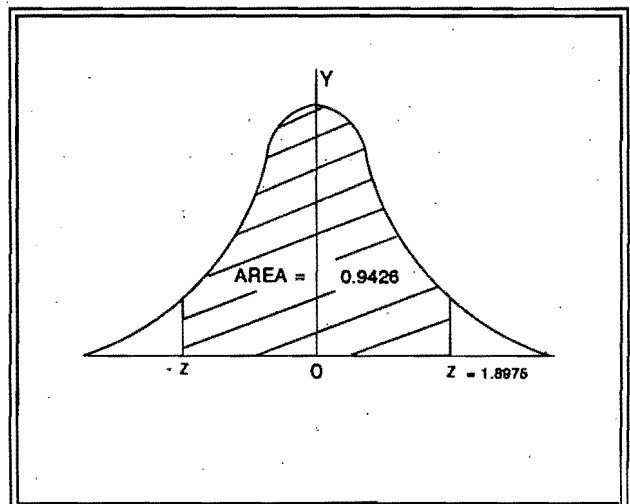


FIG.3.9.- AREA DE LA DISTRIBUCION 8.



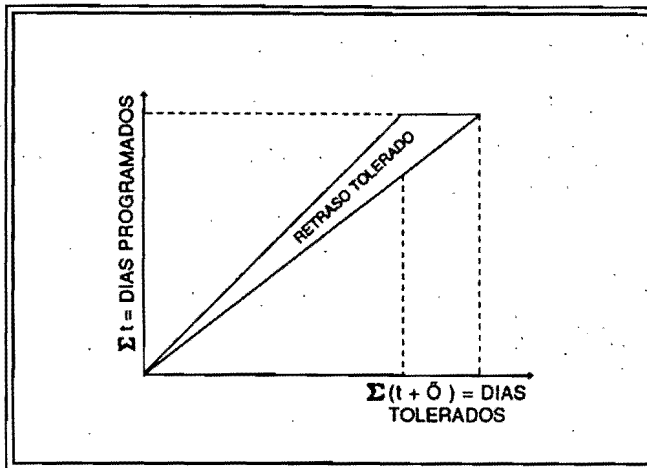


FIG.3.10.- REPRESENTACION GRAFICA; DIAS PROG.-DIAS TOL.

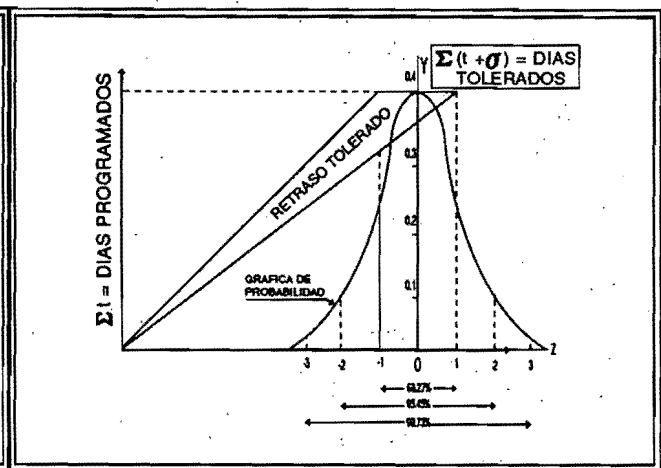


FIG.3.11.- GRAFICA DIAS TOLERADOS-PROBABILIDAD.

debido a que los cálculos tendrían que hacerse para cada ruta crítica posible. En tales casos, es mejor utilizar usualmente la "Simulación de Montecarlo" para determinar diversas estadísticas y hacer aseveraciones probabilísticas sobre la fecha de terminación del proyecto.

La figura (3.10.) muestra la representación gráfica de los "días programados-días tolerados", con el retraso tolerado conforme avanza el tiempo, hasta la fecha límite. La figura (3.11.) muestra la gráfica de probabilidad superpuesta a la anterior, para señalar la relación de los días tolerados con la desviación y la probabilidad de terminación del proyecto.

En un programa, por ejemplo, de construcción de una obra, puede ser aconsejable, aumentar la velocidad de colocación del relleno, utilizando una pala de mayor capacidad, o utilizando dos palas mecánicas y más camiones. Sin embargo, en un programa de mantenimiento de centrales termoeléctricas, puede no ser posible aumentar algún equipo o personal en su caso, que se vaya a/o esté utilizando, ya que podrá llegar a ser contraproducente (Ley de los rendimientos decrecientes).

### 3.2. PREVISIONES DURANTE LA ELABORACION DEL PROYECTO.

Toda administración para llevarse a efecto adecuadamente, debe considerar en primera instancia la PREVISION, de la que se derivarán la PLANEACION, ORGANIZACION, INTEGRACION, DIRECCION Y CONTROL, y de ellos la MOTIVACION y la COORDINACION, por lo que para cualquier proyecto tal PREVISION será de vital importancia y deberán por tal motivo preverse, además de otros, los siguientes aspectos:

#### 3.2.1. PEDIDOS DE MATERIALES Y/O REFACCIONES.

Estos deberán recibirse en el lugar predestinado para servir como bodega durante el mantenimiento, con suficiente anticipación a su empleo, para asegurar que no habrá demoras. Pero puede no ser conveniente tener los materiales y/o refacciones en la bodega de la obra con suficiente anticipación a su tiempo de empleo, ya que pueden llegar a deteriorarse, dañarse o perderse, o congestionar las áreas de trabajo.

Si pueden obtenerse fechas de entrega garantizadas, sería satisfactorio arreglar que éstas se hagan con una semana de anticipación a la fecha estimada de inicio de cada actividad en que se vayan a utilizar. Si se les entregan los datos necesarios al proveedor, podrá éste ir efectuando las entregas a medida que se vayan necesitando. Durante la ejecución del programa, podrán alterarse, de ser necesario, tales entregas. Incluso, es posible elaborar un programa de pedidos de adquisición y recepción de materiales y/o equipo, íntimamente ligado en las fechas, al programa principal.

### 3.2.2. FINANCIAMIENTO DE LA OBRA.

En un proyecto debe considerarse un programa que permita estimar la cantidad de fondos monetarios que deben proporcionarse en el financiamiento del mantenimiento. Un análisis de dicho programa, indicará los gastos probables totales en cualquier fecha deseada.

Debemos considerar que en algunos casos se pagarán los costos en el momento de compra de algún material, mientras que otros costos se pagarán hasta fin de mes.

### 3.2.3. DIAGRAMA DE GANTT (PROGRAMA DE BARRAS O CRONOGRAMA).

Después de haber determinado las fechas probables de inicio y terminación de cada una de las actividades y por consiguiente el tiempo total del proyecto y la ruta crítica, es conveniente representar cada una de las actividades por medio de barras horizontales, iniciando con la ruta crítica (como las barras sombreadas) y dibujando cada actividad comenzando en el momento más próximo, como se muestra en la figura 3.12.

Con este método se lleva un registro donde se muestra el adelanto actual de cada operación durante el intervalo de tiempo especificado o a través de la fecha efectiva del reporte. Si el adelanto de una o más operaciones, o de todo el mantenimiento, está atrasado con respecto al programa, se sabrá con la suficiente anticipación para tomar medidas correctivas. Si se advierte que el adelanto de una operación está desequilibrado con el adelanto de una operación relacionada, será posible balancear las operaciones antes de que resulten perjuicios graves.

Si no se está razonablemente seguro de que pueda incrementarse notablemente la velocidad de adelanto, será necesario comenzar a trabajar con un programa de tiempo extra (si no se ha considerado durante la elaboración de la ruta crítica), si se quiere coincidir con la fecha de terminación estimada. Es mejor adoptar medidas correctivas durante la primera etapa del mantenimiento, en lugar de esperar hasta que ya no se tenga el tiempo suficiente para obviar las dificultades. El tener que corregir serias demoras de tiempo a corto plazo, resulta muy caro.

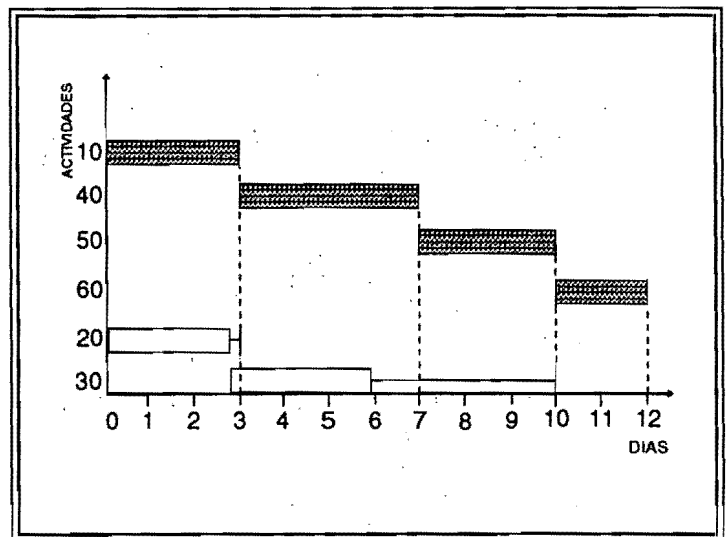


FIG.3.12.- DIAGRAMA DE BARRAS O DE GANTT.

### **3.2.4. SUPERVISION DE UN PROYECTO MEDIANTE LA AYUDA DE RADIOTRANSMISORES.**

Se ha comprobado plenamente la gran ayuda que se consigue con el empleo de radioreceptores y transmisores en la supervisión de proyectos de mantenimiento en centrales termoeléctricas, cuyas instalaciones se extienden en una zona muy grande, y en donde una operación depende de la anterior, encontrándose entre las ventajas, las siguientes:

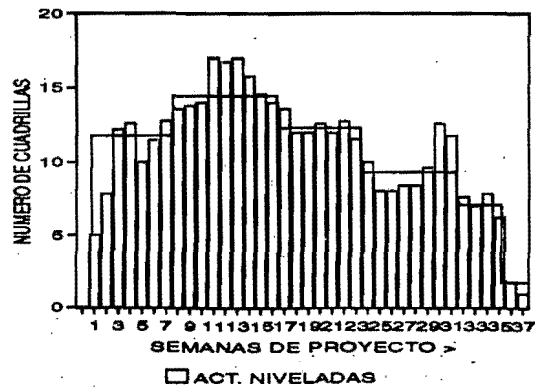
1. Permite rápidos contactos entre las oficinas de campo (de haberlas), la oficina central y el personal clave de mantenimiento.
2. Reduce el tiempo de dicho personal clave, al tener que desplazarse de una operación a otra.
3. Ahorra tiempo y costo al aumentar la eficiencia de un proyecto.
4. Ahorra tiempo mediante una continua comunicación, al cambiar un equipo necesario de una labor a otra en otro lugar distante, reduciendo al mismo tiempo la cantidad de equipo requerido, debido a la mayor eficiencia en su empleo.
5. Permite una rápida comunicación con el taller en el caso de que se necesiten reparaciones al equipo que está sirviendo como auxiliar en el mantenimiento.
6. Hace más expedita la distribución de materiales a los diversos frentes de trabajo.
7. Permite llamadas rápidas al personal de primeros auxilios o ambulancias, en caso de que el personal llegue a sufrir algún accidente de trabajo (denominado por el IMSS, "Riesgo de Trabajo").



# CAPITULO 4

# ASIGNACION DE RECURSOS

HISTOGRAMA DE RECURSOS



---

# CAPITULO 4

---

## 4.0. ASIGNACION DE RECURSOS.

### 4.1. LA RESTRICCIÓN DE RECURSOS.

Como se indicó en un capítulo anterior, en el análisis de la red de un proyecto, se determinan primero el tiempo total del mismo y la ruta crítica, sobre la base de las relaciones lógicas entre las distintas actividades involucradas y el tiempo que se estima para completar cada actividad. Los recursos que se asignan a una actividad, determinan el tiempo que ésta tomará. La disponibilidad de equipo, de personal y dinero, puede llegar a ser crítica para el cumplimiento del programa del proyecto, ya que si los recursos no están limitados o no están restringidos, la programación es una actividad innecesaria. Debe siempre tenerse en cuenta sin embargo, que los recursos generalmente están limitados, y por tal motivo, frecuentemente están restringidos. Por lo anterior, debe determinarse el tiempo de inicio PROGRAMADO de las actividades, que puede ser diferente del tiempo de inicio MAS PROXIMO, en muchas de tales actividades del proyecto.

Aunque hasta este momento de la planeación de un proyecto, se había supuesto implícitamente que los recursos son ilimitados, en un sistema económico, están restringidos, y por tanto, no es posible asignar a cada actividad el personal que se requiere. Aun si esto fuera posible, el GERENTE DE PROYECTOS necesitaría saber cuándo y que cantidad de cada recurso se requerirá con objeto de cumplir con la tabla de tiempos. Las empresas requieren de la cantidad máxima disponible de recursos, y el éxito depende de cómo se usen; por esta razón, es vital que no se fragmenten. Cualquier actividad durante su realización gasta recursos, a los cuales se asocia un costo. Por tanto, cuando se prepara un programa de necesidades de recursos, es conveniente intentar nivelarlos, período por período y dentro de los límites de las holguras de cada actividad, con la finalidad de reducir los costos de recursos inmóviles y simplificar la administración del proyecto. Si las necesidades de recursos de un programa exceden la cantidad disponible de recursos, no podrá lograrse la duración "factible" o probable del programa, es decir, la duración real del proyecto y los tiempos posibles de inicio, dependen de los recursos disponibles en un momento dado, durante el desarrollo del proyecto.

Es posible en la práctica, definir y limitar exactamente una parte o todos los recursos, por lo que el gerente de proyectos debe asegurarse de que los totales de los diferentes recursos requeridos para actividades que ocurran simultáneamente, no lleguen a exceder los recursos con que se cuenta. Para determinadas actividades, lo anterior, implica una nueva programación que puede prolongar el tiempo total del proyecto. Sin embargo, en la etapa de planeación, un aumento en la duración general del proyecto, debido a la limitación de recursos, representa una extensión natural del análisis de la red. Los recursos disponibles son simplemente restricciones adicionales. El programa final facilita al gerente de proyectos la formulación de un plan, no sólo en lo que respecta a los tiempos de las actividades, sino también para determinar los tiempos de los diferentes requisitos de recursos.

Los métodos por los cuales se formula el nuevo programa de las actividades (para permitir la nivelación o limitaciones de los recursos), tienden a ser empíricos, es decir, se estipula una regla para mejorar progresivamente las asignaciones hasta que se llega a una solución aceptable. Este método se torna más complejo entre más grande sea la red (número de actividades y número de diferentes recursos); como ocasionalmente están limitados todos los recursos, una exploración de sus diferentes niveles posibles, requiere de muchos cálculos separados del programa del proyecto. Con excepción de las redes más sencillas, todas involucran muchas inter-relaciones de actividades y recursos, que resulta mejor utilizar una computadora para preparar los programas. Esto ofrece la ventaja adicional de que, durante la ejecución de un proyecto, el análisis de la red puede ponerse al día, económica y rápidamente.

#### 4.2. RECURSOS TOTALES NO LIMITADOS.

Puede ser posible estudiar durante cierto tiempo, toda la gama de requisitos de recursos, considerando el número o cantidad de cada recurso en todas las actividades que ocurran cada semana. Podemos basar el análisis en la suposición de que cada actividad se iniciará en su momento más próximo, o en el otro extremo; que todas las actividades empezarán en sus momentos más lejanos.

TABLA 4.1		TIEMPOS				LECTURAS			
ACTIVIDAD	SECUENCIA	a	m	b	$\mu$	Pi	Ui	Pj	Uj
0	10,20,30	-	-	-	-	-	-	-	-
10	50,60	1	2	3	2	0	0	2	2
20	40	1	3	5	3	0	2	3	5
30	100	2	3	10	4	0	2	4	6
40	80	1	1	5	2	3	5	5	7
50	100	2	3	4	3	2	3	5	6
60	70	1	2	3	2	2	2	4	4
70	90	3	3	8	4	4	4	8	8
80	110	2	4	6	4	5	7	9	11
90	110	2	3	4	3	8	8	11	11
100	90,120	1	2	3	2	5	6	7	8
110	-	1	1	1	1	11	11	12	12
120	-	1	3	5	3	7	8	10	12
ACTIVIDAD	HT - DIAS	HT - %	CI	HL-DIAS	%COMP.	desviación			
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	0	0,00	C	0	1	0,3333			
20	2	0,67	3	0	2	0,6667			
30	2	0,50	2	1	2	1,3333			
40	2	1,40	4	0	1	0,6667			
50	1	0,33	1	0	1	0,3333			
60	0	0,00	C	0	1	0,3333			
70	0	0,00	C	0	1	0,8333			
80	2	0,50	2	0	2	0,6667			
90	0	0,00	C	0	1	0,3333			
100	1	0,50	2	1	1	0,3333			
110	0	0,00	C	0	0	0,0000			
120	2	0,67	1	2	2	0,6667			

TABLA 4.1.- ACTIVIDADES CON DURACIONES, PROYECTO EJEM.

ACTIVIDAD	$\mu$	MECANIC. (POR DIA)	MECANIC. -DIAS	SOLDAD. (POR DIA)	SOLDAD. -DIAS	TECNICOS (POR DIA)	MAQUIN. (POR DIA)	SUMA TOTAL	LIMITACIONES
0	-								ACTIVIDADES
10	2	1	2	1	2	0	0	4	20,50,70,
20	3	1	3	1	3	1	0	6	Y 120, CON
30	4	2	8	1	4	0	1	12	EL MISMO
40	2	1	2	0	0	0	1	2	PERSONAL.
50	3	1	3	0	0	1	0	3	
60	2	0	0	1	2	0	0	2	ACTIVIDADES
70	4	0	0	2	8	1	0	8	30,40,100,90,
80	4	2	8	0	0	0	0	8	Y 110, CON LA
90	3	1	3	1	3	0	1	6	MISMA MAQUINA.
100	2	1	2	0	0	0	1	2	
110	1	1	1	1	1	0	0	2	
120	3	1	3	0	0	1	1	3	
		12	35	8	23	4	5	58	

TABLA 4.2.- RECURSOS ESTIMADOS PARA CADA ACTIVIDAD.

Con objeto de analizar los recursos requeridos, se dibujan diagramas de Gantt o cronogramas, basados en el momento más próximo y el más lejano de terminación de cada actividad. Para tal efecto, es necesario elaborar una tabla de todas las actividades y los recursos que se estima se requieren, para completar todas y cada una de aquéllas en el tiempo calculado, por lo que para una mayor comprensión de nuestra discusión, se presenta un ejemplo sencillo.

En la tabla 4.1. se muestran las actividades del proyecto de la red de la figura 4.1. y en la tabla 4.2. los recursos estimados para cada actividad, de dicha red.

La figura 4.2. muestra el diagrama de Gantt de las actividades, cada una de las cuales se inicia en el tiempo más próximo posible, y las actividades sombreadas identifican la ruta crítica.

Debe sin embargo, considerarse lo siguiente: En la mayor parte de las ac-

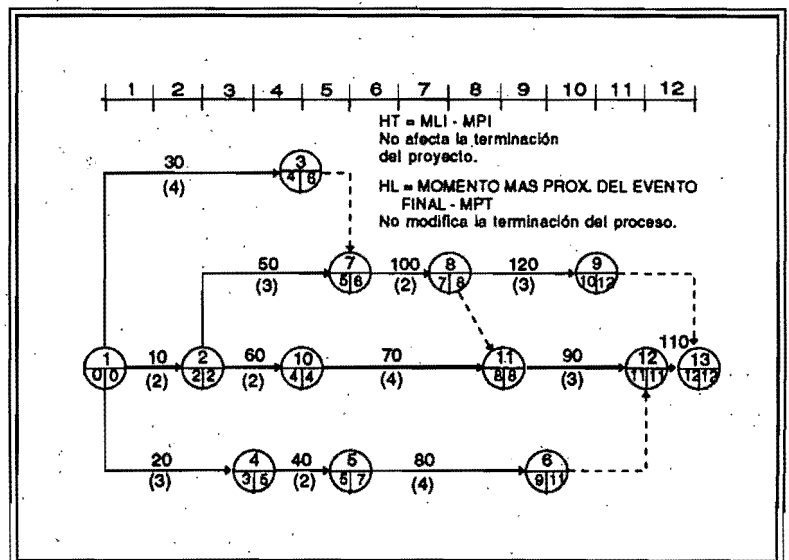


FIG.4.1.- RED DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO EJEMPLO.

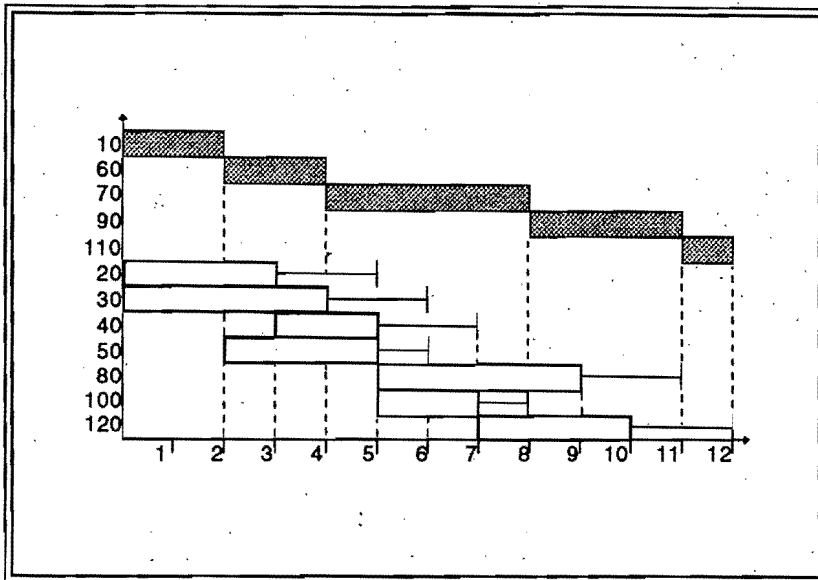


FIG.4.2.- DIAGRAMA DE GANTT, ACT. EN EL INI. MAS PROX.

tividades se tienen dos tipos de fuerza de trabajo. El primero es una fuerza de trabajo fija de personal clave que, a causa de su habilidad y conocimientos especiales, debe conservarse en la nómina de pago aun cuando no se ocupe; de otra manera, no estará disponible en el momento en que se le requiera nuevamente. Pero si la demanda de este personal clave no se controla de manera adecuada, fluctuará ampliamente y tenderá a mantenerse en reserva un gran número en todo tiempo, a fin de cumplir con las demandas máximas.

Con las tablas 4.1. y 4.2. se pueden sumar y distribuir en histogramas los recursos requeridos. El procedimiento sería el siguiente:

En los días 1 y 2 tendrían lugar las actividades 10, 20 y 30 por lo que se necesitarán cuatro mecánicos y tres soldadores.

El día 3 tendrían lugar las actividades 20, 30, 50 y 60 por lo que se requerirán cuatro mecánicos (dos para la actividad 30 y dos para las actividades 20 y 50, uno para cada una) y tres soldadores (uno para cada una de las actividades 20, 30 y 60).

El día 4 se llevarían a cabo cuatro actividades (necesitándose cuatro mecánicos y dos soldadores), continuando de esta manera el procedimiento para sumar los recursos por cada día de plan de proyecto.

Los resultados finales pueden presentarse por medio de una tabla, un histograma, o ambos.

La figura 4.3. muestra el histograma resultante de las necesidades de recursos (mecánicos y soldadores) en que cada actividad comienza en el momento más próximo. Aquellos recursos para actividades críticas se presentan por las

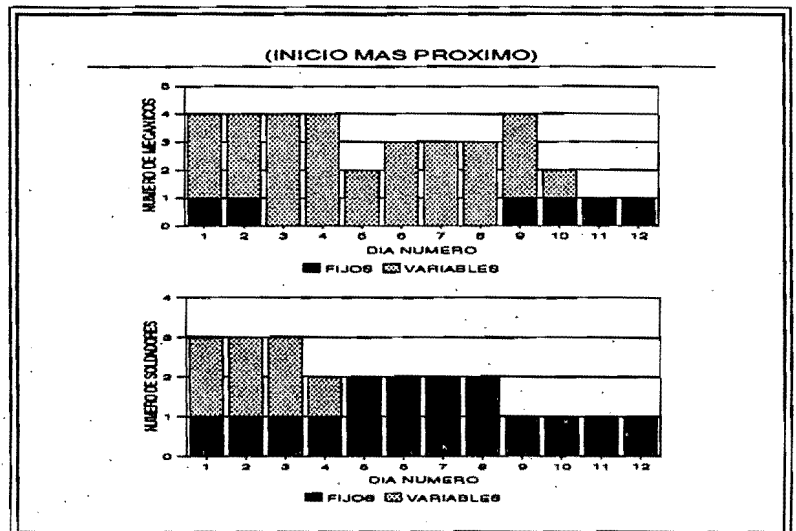


FIG.4.3.- NECESIDADES DE RECURSOS, INICIO MAS PROXIMO.



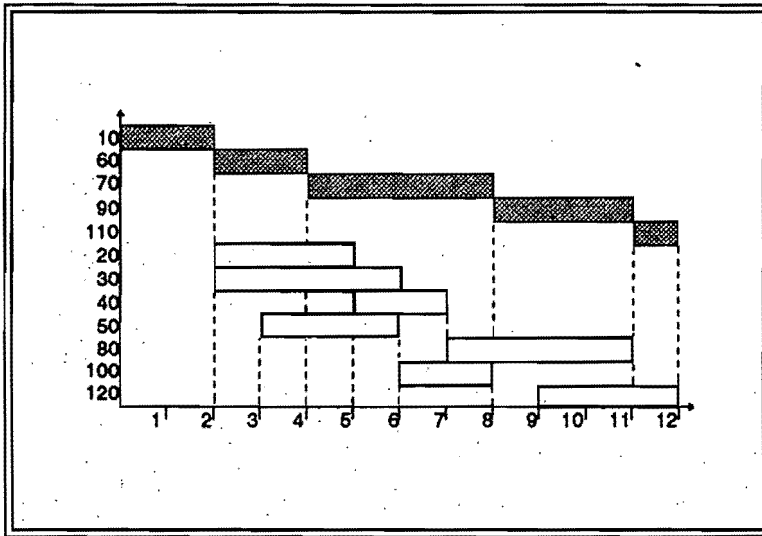


FIG.4.4.- CRONOGRAMA CON TERMINACIONES MAS LEJANAS.

es, 35 y la tabla 4.2. presenta los días-mecánico que se calcularon.

Con los histogramas se puede preparar un programa de los recursos que se necesitan por período, con objeto de que cada actividad inicie en su momento más próximo. Asimismo, es posible representar los recursos sobre la base de los momentos más lejanos de terminación de cada actividad. El diagrama de Gantt de las actividades que se enumeran en la tabla 4.2., basado en los tiempos de terminación más lejanos de cada actividad, se muestra en la figura 4.4. Los histogramas de los recursos requeridos para las actividades basadas en los momentos más lejanos de iniciación, se ilustran en la figura 4.5.

Existe una considerable diferencia entre los tiempos de estas necesidades de recursos y aquéllos basados en

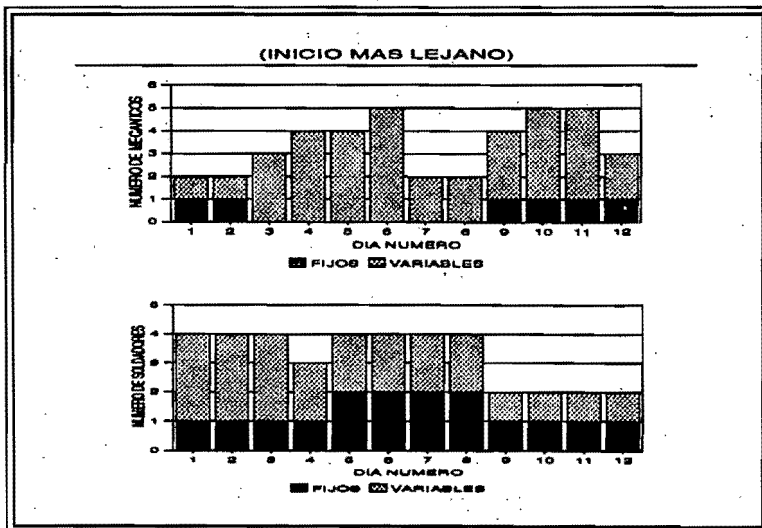


FIG.4.5.- HISTOGRAMAS DE RECURSOS REQUERIDOS, IML.

porciones con sombreado más obscuro. Para la nivelación pueden volver a programarse sólo los recursos en exceso de estos requisitos.

Con este procedimiento de asignación de recursos, un método para comprobar que se han programado completamente los recursos, es comparar el número de períodos de recursos dibujándolos en el histograma, con los períodos de recursos calculados en la lista de actividades del proyecto (vease la tabla 4.2.). El período de recursos calculados, se obtiene multiplicando la duración de cada actividad por los recursos que se necesitan para esa actividad, y sumando los resultados. Por ejemplo, el número de días-mecánico que aparece en el histograma de la figura 4.3.,

los momentos más próximos de inicio. Entre estos dos extremos, existe una gama de posibles necesidades de recursos, que depende del tiempo exacto en que se programe el inicio de las actividades. Es mediante el uso de la flexibilidad en la determinación de tiempos de actividades no críticas, que pueden nivelarse los recursos sin afectar el tiempo total del proyecto. En las figuras 4.3. y 4.5. el grado de flexibilidad lo indican las porciones con sombreado más tenue de los histogramas. La figura 4.6., muestra los histogramas de todo el personal requerido (mecánicos y soldadores), tanto con las actividades en su

inicio más próximo, como en su terminación más lejana.

### 4.3. NIVELACION DE RECURSOS.

Los recursos reales pueden programarse de un modo óptimo mediante la evaluación de cada alternativa posible. Debe tomarse en consideración que esto puede ser factible para un proyecto pequeño; pero en el caso de grandes proyectos, los costos, aun empleando una computadora, resultarían muy altos. No obstante, puede obtenerse una buena solución mediante la aplicación de algunas reglas. Una forma consiste en utilizar la holgura libre asociada con las actividades, con objeto de traspasar los recursos de los períodos de máxima demanda a períodos de poca demanda. Sin embargo, este proceso se complica por la interdependencia de las necesidades de recursos; es decir, al nivelar un recurso, puede alguno otro elevarse al máximo.

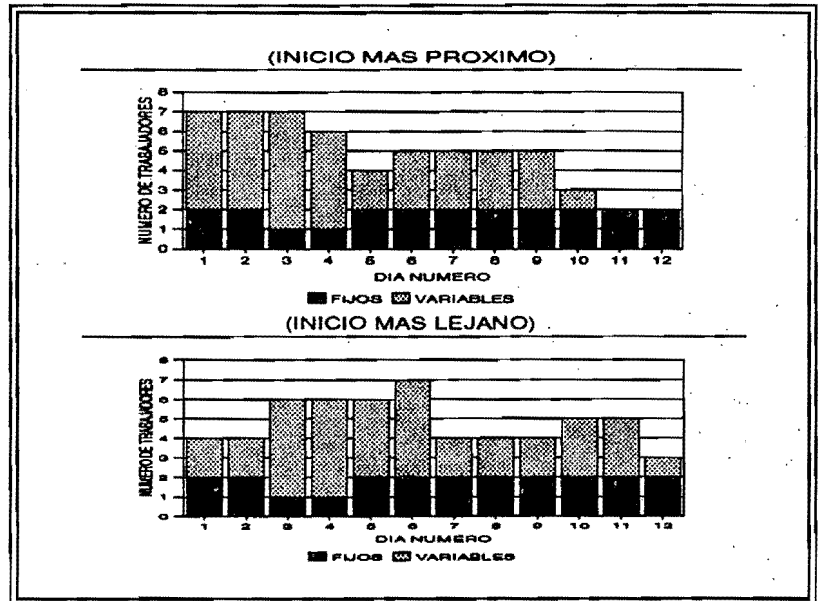


FIG.4.6.- HISTOGRAMAS DE RECURSOS TOTALES REQUERIDOS.

En el proyecto que se analiza, puede observarse que los recursos requeridos que se ilustran en las figuras 4.3. y 4.5., la necesidad máxima de mecánicos tiene lugar los días 1, 2, 3, 4 y 9, sobre la base del momento más próximo de inicio y los días 6, 10 y 11 si se toma como base el momento de terminación más lejano. El histograma de recursos de soldadores, muestra sin embargo, que los requerimientos máximos son los días 1, 2, 3 y que van disminuyendo gradualmente conforme avanza el proyecto, hasta su terminación. Por tal motivo es conveniente, para nivelar los recursos de los mecánicos, "desplazar" las actividades que con holgura libre o total (en su caso), no requieran soldadores. Pueden variarse las fechas de inicio de las actividades 30 y 120 para reducir este punto máximo. La actividad 30 tiene una holgura libre (temprana) de un día y la actividad 120 tiene una holgura libre (temprana) de dos días. Para evitar confusiones, es conveniente anotar en este punto las definiciones de dos tipos de holguras:

**HOLGURA TOTAL = MOMENTO MAS LEJANO DE INICIO - MOMENTO MAS PROXIMO DE INICIO (no afecta la terminación del proyecto). (4.1)**

**HOLGURA LIBRE (temprana) = MOMENTO MAS PROXIMO DEL EVENTO FINAL - MOMENTO MAS PROXIMO DE TERMINACION (no modifica la terminación del proceso). (4.2)**

Si la actividad 120 pudiera tener lugar entre los días 10 y 12, redundaría en una ligera nivelación de recursos, haciéndola descendente (figura 4.7.).

El mover las actividades 30, 100 y 120 dentro de la gama de su holgura total, no reducirá el punto máximo, pero hará este requerimiento de recursos más uniforme; modificando, sin embargo, la uniformidad de los requisitos de soldadores (figura 4.8.). Por lo tanto, el primer paso podría consistir en mover la actividad 120. Si no existe criterio para elegir los períodos para reprogramar la actividad, en su defecto eljase el período más próximo, ya que cualquier demora subsecuente en el inicio de la actividad no será tan crítica. En el proyecto del ejemplo tal vez no sea posible disminuir la cantidad máxima de mecánicos ni de soldadores, pero sí es posible obtener una mejor nivelación o distribución de tales recursos. Analizando los 32 histogramas de recursos resultantes de las diferentes combinaciones de desplazamiento de las fechas de inicio de las actividades, podría llegarse a obtener, en este caso, el programa que mejor se adapte a nuestras necesidades, cuidando de reprogramar las actividades necesarias para preservar la relación lógica entre ellas.

Hacia el final de un proyecto, puede resultar muy difícil administrar un aumento en las necesidades de recursos por sólo un corto período; y probablemente se conservará el personal asignado, de modo que no presente riesgos de demora.

Es importante observar que con el cambio en el tiempo de algunas actividades, aparecen otras rutas críticas a través de la red. Cuando cierto proyecto ha sido programado, algunas de las actividades que no eran críticas en la fase de planeación, se convierten en críticas como resultado de la asignación de recursos. Otras veces, todas las actividades son críticas en el programa final. Ocasionalmente también a causa de limitaciones de recursos, algunas actividades que inicialmente eran críticas, dejan de serlo.

Finalmente, al gerente de proyectos se le presenta una lista de todas las necesidades y planes con objeto de que

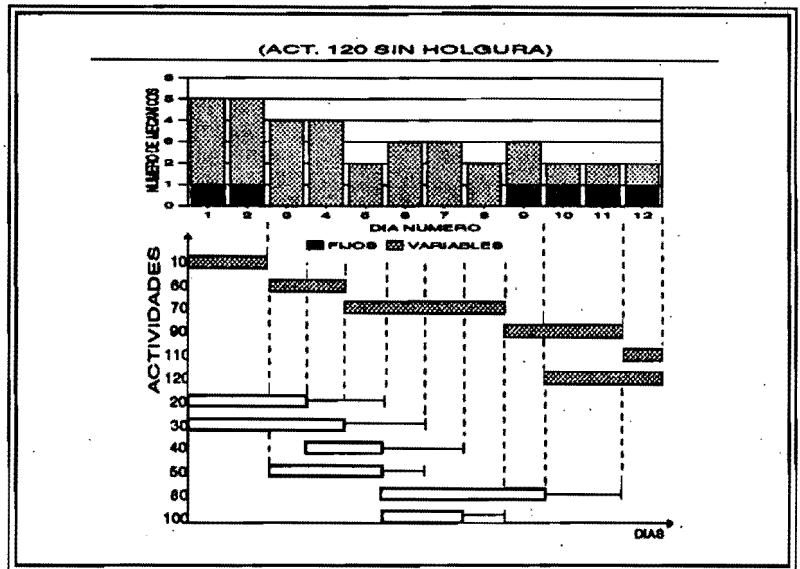


FIG.4.7.- NIVELACION DE RECURSOS, DESCENDENTE.

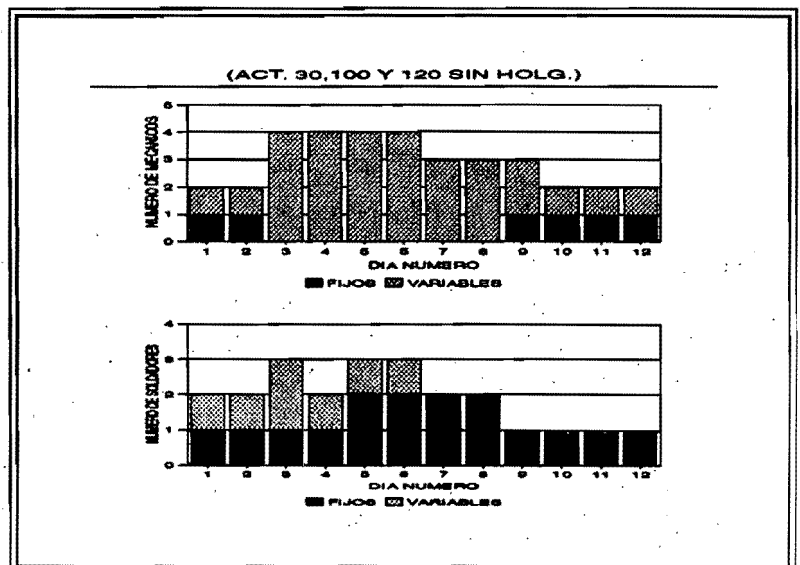


FIG.4.8.- MODIFIC. DEL HISTOG. DE REQUERIM. DE SOLDAD.

pueda controlar el proyecto real para alcanzar los objetivos deseados. La tabla 4.3. muestra una lista típica, basada en los tiempos relativos.

Hasta ahora se ha considerado la nivelación solamente desde un punto de vista teórico (o deseable). Considerando medidas prácticas de criterios de valuación cuantitativos de programas reales, pueden analizarse las definiciones siguientes:

**1. El recurso total disponible (RD)**, por tipo, según esté disponible para el proyecto completo. Por ejemplo, a un proyecto de 12 días se asigna una cuadrilla fija de 5 trabajadores (dos mecánicos, tres soldados); se tendrá un recurso total disponible de 60 días-hombre.

**2. El recurso total programado o asignado (RA)**, según vaya a usarse a lo largo del proyecto. Si para el ejemplo del punto 1, tenemos 58 días-hombre de trabajo "programado".

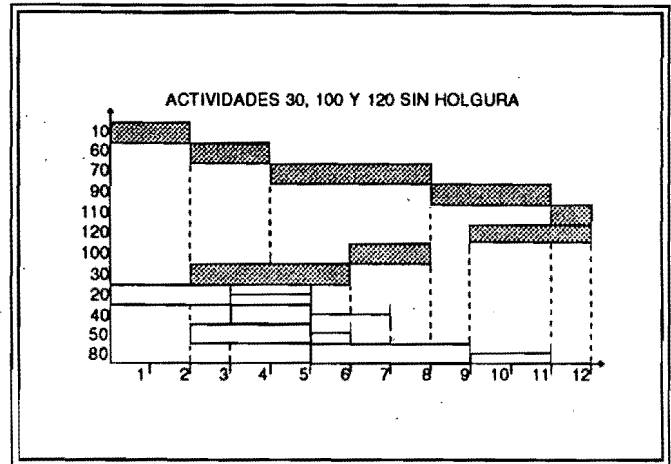


FIG.4.9.- CRONOG. DE LA REPROG. ACT.30,100,120 S/HOLG.

ACTIVIDAD	DURACION	INICIO DEL PROG. DIA No.	HOLGURA TOTAL	RECURSOS REQUERIDOS MECANICOS	SOLDADORES	LIMITACION DE RECURSOS
10	2	0	0	2	2	
20	3	0	2	3	3	TECNICO ESP.
30	4	0	2	8	4	MAQUINA ESP.
40	2	3	2	2	0	MAQUINA ESP.
50	3	2	1	3	0	TECNICO ESP.
60	2	2	0	0	2	
70	4	4	0	0	8	TECNICO ESP.
80	4	5	2	8	0	
90	3	8	0	3	3	MAQUINA ESP.
100	2	5	1	2	0	MAQUINA ESP.
110	1	11	0	1	1	MAQUINA ESP.
120	3	7	2	3	0	TECNICO ESP.

TABLA 4.3.- LISTA TIPICA, BASADA EN TIEMPOS RELATIVOS.

3. El porcentaje de recurso efectivo (RE), es la relación entre el recurso programado o asignado y el recurso disponible, por lo que para nuestro ejemplo de la cuadrilla se tendría:

$$RE = (RA/RD) \times 100 = (58/60) \times 100 = 96.7 \% \quad (4.3)$$

4. El recurso disponible libre (RDL), es la diferencia entre el recurso disponible y el programado o asignado.

$$RDL = RD - RA = 60 - 58 = 2 \text{ días-hombre} . \quad (4.4)$$

5. El porcentaje de recurso inactivo (RI), es la relación entre el recurso disponible libre (RDL) y el recurso disponible (RD):

$$RI = (RDL/RD) \times 100 = (2/60) \times 100 = 3.3 \% \quad (4.5)$$

6. La suma de los porcentajes de recurso efectivo (RE) y recurso inactivo (RI), es 100 %:

$$RE + RI = 100 \% \quad (4.6)$$

Estas cantidades nos resultan útiles para medir la aproximación a un programa perfecto, bajo los criterios de nivelación usados.

#### 4.4. RECURSOS LIMITADOS.

En la nivelación de recursos no se impuso limitación alguna sobre los recursos totales de que se disponía; y el único criterio que se siguió fue la búsqueda de la reducción de las necesidades máximas. Si los recursos fueran limitados como se mencionó al principio del capítulo, sería necesario continuar haciendo nuevas programaciones de las actividades, más allá de su holgura total (en su caso), con la finalidad de reducir las necesidades de recursos abajo de los límites.

Para mayor claridad, considérese para el proyecto del ejemplo las limitaciones de recursos que se señalan en la tabla 4.3.

Suponiendo que solamente hay disponibles: un técnico que será necesario durante el desarrollo de las actividades 20, 50, 70 y 120, y un equipo o máquina (podría pensarse en la grúa viajera de la casa de máquinas), para las actividades 30, 40, 90, 100 y 110, sería necesario reprogramar tales actividades de modo que no ocurran simultáneamente y al mismo tiempo que se siga la secuencia indicada en la tabla 4.1. Debido a la reprogramación, quedarían la nueva red, el cronograma y los histogramas correspon-

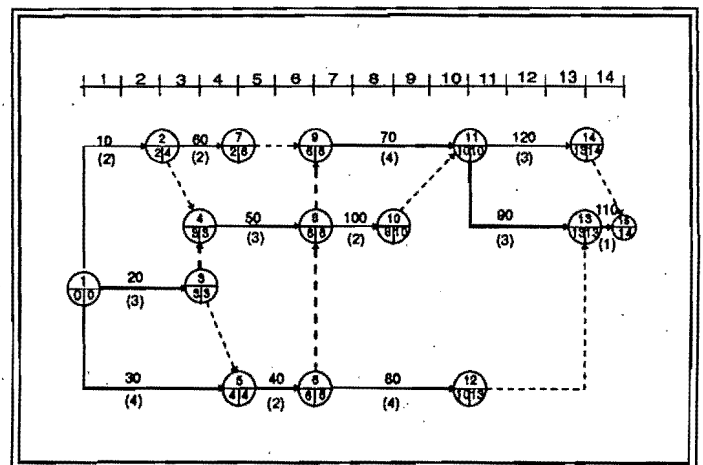


FIG.4.10.- RED DE ACTIVID. DE LA REPROGRAM. CON REC.LIM

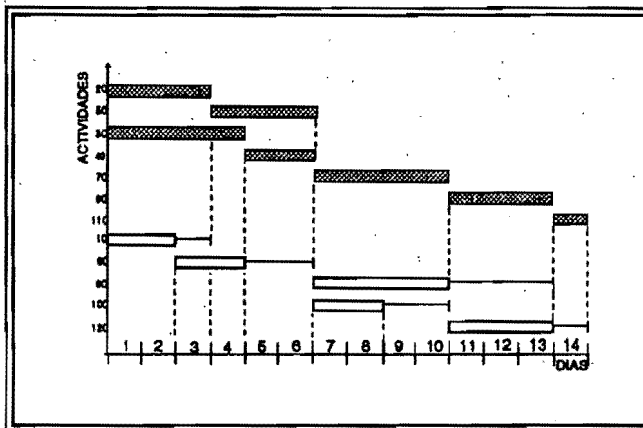


FIG.4.11.- CRONOGRAMA DE LA REPROGRAM. CON RECURSOS LIM

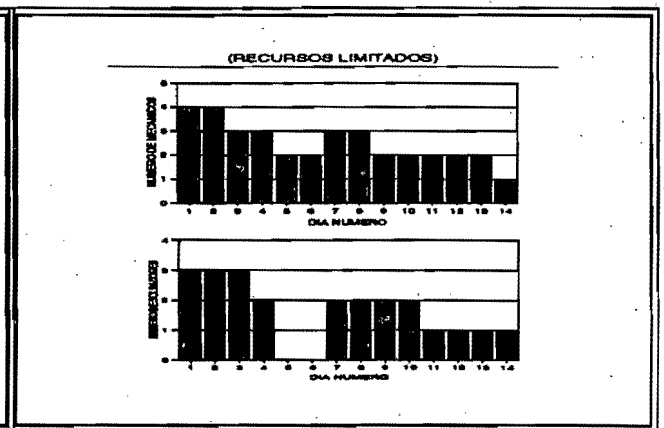


FIG.4.12.- HISTOGRAMA DE MEC. Y SOLD. NUEVA REPROGRAM

dientes como los de las figuras 4.10., 4.11. y 4.12.

En la nueva red se aprecia que aparecen ahora dos nuevas rutas críticas, mismas que se muestran en el cronograma como barras oscuras. También se extiende el proyecto a 14 días.

En los histogramas se ve que, en los días 5 y 6 hay una disminución de requerimientos de mecánicos y de soldadores cuyo número de éstos en tales días es cero. En este caso, la única alternativa es desplazar la actividad 60 que está colocada en su inicio más próximo (fecha 2) y que tiene 2 días de holgura libre. Es decir, el movimiento de esta actividad no afecta el comienzo de actividades subsecuentes, ni la terminación de actividades antecedentes. Sin embargo, como esta actividad requiere únicamente de soldadores, su movimiento no beneficia en absoluto a la nivelación del histograma de mecánicos, mientras que el de soldadores disminuye de 3 a 2 el día 3 y de 2 a 1 el día 4, pero también incrementa a 1, los días 5 y 6. En este caso por ejemplo, se

podría disponer de 4 mecánicos los días 1 y 2, y disminuir gradualmente la cantidad, del día 3 al día 8 a 3 mecánicos, a 2 del día 9 al 13 y por último a 1 el día 14, mientras que los soldadores disminuirían también gradualmente de la siguiente forma: 3 los días 1 y 2; 2 del día 4 al 10 y finalmente 1 del día 11 al 14. No es posible, ni conveniente en gran parte de las ocasiones (como ya se dijo en un capítulo anterior), la contratación y rescisión de contratos conforme se requieren los trabajadores de acuerdo a los histogramas. Si se ejecuta el proyecto conforme se acaba de mencionar, se obtendrían los valores que se representan en la tabla 4.4.

	MECANICOS	SOLDADORES	GLOBAL
Recurso total disponible (RD):	37	26	63
Recurso total asignado (RA):	35	23	58
Porcentaje de recurso efect. (RE):	94.6%	88.5%	92.1%
Recurso disponible libre (días-hombre) (FDL):	2	3	5
Porcentaje de recurso inactivo (RI):	8.4%	11.5%	7.0%

TABLA 4.4.- DISPONIBILIDAD DE RECURSOS.

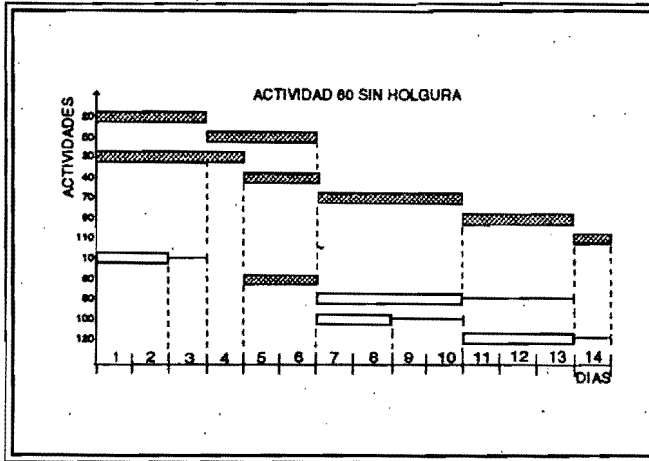


FIG.4.13.- CRONOGRAMA CON ACTIV.60 DESPLAZADA, SIN/HOLG

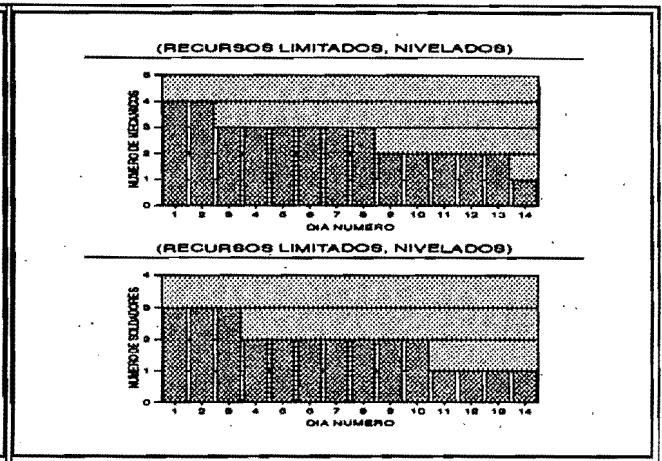


FIG.4.14.- HIST. DE MEC., SOLD. CON REC. LIM. NIVELADOS

ximadamente un 8% de recursos inactivos; lo que realmente podría llegar a disminuir junto con la duración de las actividades a las que se aplicarían a trabajar, de ser posible, si la ley de los rendimientos decrecientes lo permite.

En los proyectos también es posible permitir cierta tolerancia para la variación de los recursos disponibles durante un período de tiempo y volver a programar las actividades en relación con los límites impuestos en cada etapa del proyecto.



FIG.4.15.- HISTOGRAMA DE TRABAJADORES, NUEVA REPROGRAM.

Aparte de una nueva programación de las actividades en su totalidad, a un diferente tiempo de inicio, puede ser posible extender o reducir el tiempo tomado por medio de la asignación de menos o más recursos. Aunque esto podría verse complicado cuando por ejemplo, una "unidad de recursos" se requiere por varias "unidades de tiempo". Tal vez sea posible entonces una reprogramación dividiendo o seccionando una actividad en dos, tres o más tiempos. Por ejemplo, habiendo ya tenido lugar parte de cierta actividad, se volverían a programar los recursos, asignándolos a una actividad más crítica, de tal modo que, una vez completa ésta, pudiera terminarse el resto de la actividad. En forma similar, quizás sea también posible dividir los recursos. Por ejemplo, la actividad 30 podría extenderse en duración

asignándole únicamente un mecánico durante cuatro días y dos mecánicos durante dos días. Pero habría que pensar, si se requeriría un soldador durante la totalidad de los seis días, o podría programarse para que estuviera disponible, solamente durante los cuatro días que originalmente se estimó.

#### 4.5. CRITERIOS DE ASIGNACION DE RECURSOS.

Conforme a lo tratado anteriormente, en última instancia, la asignación de recursos se restringe debido a los siguientes aspectos:

1. La nivelación.
2. La duración mínima del proyecto.
3. El costo total mínimo.
4. El recurso disponible, libre mínimo, o de preferencia nulo; es decir: el máximo de "RE" posible.

Además el procedimiento de programación debe asegurar que las actividades del proyecto se realicen con la secuencia planeada y que los recursos programados no excedan los disponibles. El procedimiento real de asignación debe tomar en cuenta su interrelación con los siguientes puntos:

1. Las actividades divisibles y las NO-divisibles.
2. Las necesidades de recursos fijos y variables; es decir la duración variable de las actividades.

Anteriormente se ha tratado de la estimación de la duración y el costo de las actividades. El "costo" como tal, se expresa en términos de dinero, el cual es sólo uno de los recursos necesarios en un proyecto; tales recursos (aunque no en este orden) son:

Fuerza humana.

Maquinaria y equipo.

Material.

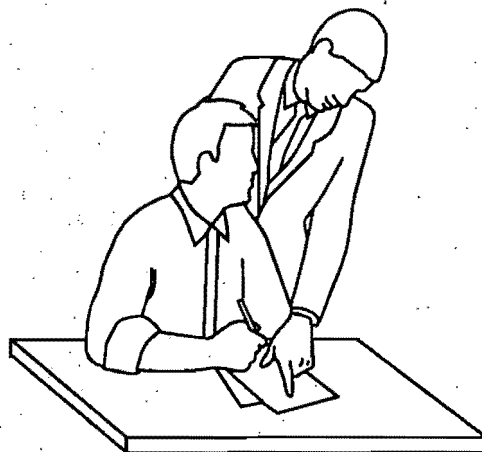
Dinero.

Tiempo.

Aunque no hay reglas generales, se necesitan desarrollar diferentes soluciones. Vale la pena intentar un enfoque con el que se logre lo siguiente:

1. "Niveles escalonados" (usando por ejemplo, 3 trabajadores al principio, y aumentando posteriormente el número a 5, o viceversa).
2. Un valor de RE, siempre tendiendo al 100%.
3. Proporcionar un mecanismo, para asignar tiempo extra, durante parte del proyecto.

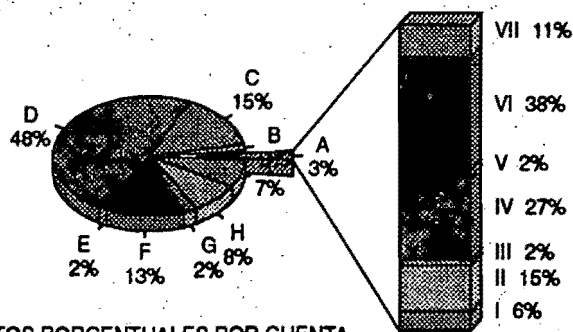




## CAPITULO 5

# SUPERVISION DEL PROYECTO Y SUS RECURSOS

### GASTOS EN MATERIALES Y HERRAMIENTAS



GASTOS PORCENTUALES POR CUENTA

# CAPITULO 5

## 5.0. SUPERVISION DEL PROYECTO Y SUS RECURSOS.

### 5.1. CICLOS DE PLANEACION Y CONTROL.

En los capítulos anteriores se menciona cómo corregir la ruta crítica y cómo adecuar el programa a los recursos. Sin embargo, sería un grave error considerar que las apreciaciones y consiguientes estimaciones son completamente precisas. Puesto que se pueden introducir fácilmente correcciones a un plan PERT/CPM, pueden por tanto adaptarse rápidamente las desviaciones de realización al plan y programas actuales. Al mismo tiempo, se puede ir refinando el criterio de estimación en los proyectos futuros.

En la figura 5.1., se muestra un diagrama de flujo para la revisión de un programa.

Aun en el caso de que se espere que el proyecto cumpla con los objetivos fijados, debe llevarse a cabo una verificación de la validez de la red. Las verificaciones deberán abarcar tres áreas principales:

1. La lógica de la red.
2. Los estimados de duración de las actividades.
3. Las asignaciones de los recursos.

La finalidad de preparar una red, es auxiliar a la Gerencia en la toma de decisiones que deberán conducir a alcanzar los objetivos del proyecto. Además, es necesario ejercer un adecuado control durante la ejecución objetiva. También es necesaria una retroalimentación con la que se pueda comparar lo realizado con lo planeado y al mismo tiempo elaborar nuevos planes adaptados a la situación del momento.

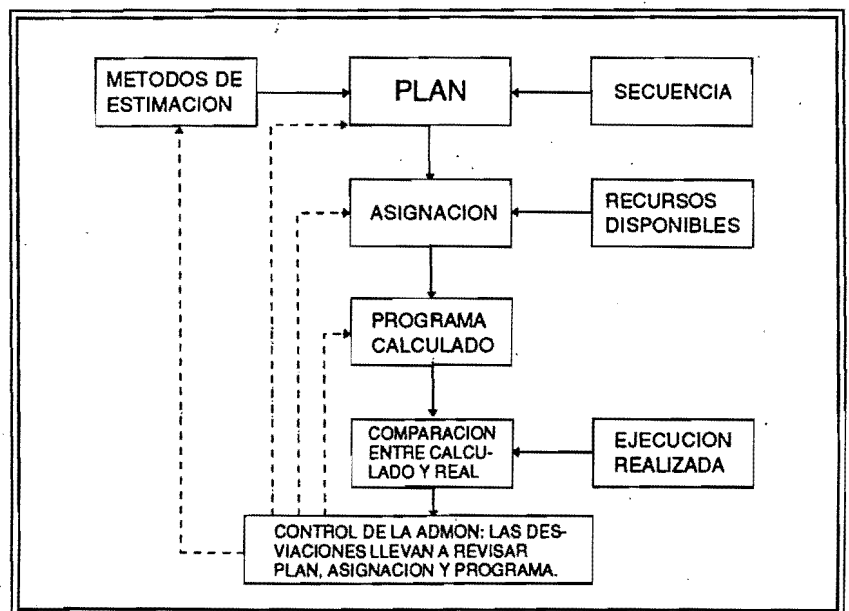


FIG. 5.1.- DIAGRAMA PARA LA REVISION DE UN PROGRAMA.

Es necesario, por tanto, un plan de acción específico como **primera etapa** del control.

**La segunda etapa** consistiría en definir el sistema mediante el cual se establezca la retroalimentación de la información que sirva de control al gerente de proyectos.

**La tercera etapa** consistirá en determinar el método con el que se formulen e implanten modificaciones a los planes, durante la ejecución.

En el esquema de la figura 5.2., se presenta el ciclo de planeación y de control, que comienza cuando el proyecto está completamente desarrollado como para tener los recursos necesarios asignados, siendo, en este caso, el primer paso, la fijación de los objetivos por la Dirección. El Gerente de Proyectos, con la ayuda de la Dirección y de todos los involucrados directamente, podrán formular los planes del proyecto en coordinación con el encargado de la elaboración de las redes, utilizando en su caso (si es apropiado, conveniente o posible), una computadora. El ciclo de los planes es hacia atrás y hacia adelante, entre el desarrollo del proyecto y el análisis de los resultados. Con lo anterior se tendrán finalmente algunos resultados resumidos, para que la Dirección revise los objetivos.

Es decir, se ha formado un sistema de adopción de decisiones cuya función es:

a). En primer lugar, indicar lo que debe hacerse para obtener algo, lo que significa que es el elemento de entrada del sistema (objetivo).

b). Indicar qué posee el elemento proceso, que tiene por objeto transformar esas entradas. En la toma de decisiones, el proceso consiste en los instrumentos de la lógica y la comparación de las ventajas inconvenientes.

c). Ayudar en el análisis del resultado del esfuerzo, de modo de poder determinar hasta qué punto, la decisión estuvo bien tomada.

Estos puntos finales son las salidas.

d). Permitir una comparación de las entradas con las salidas para ver su equivalencia. Si la salida concuerda con la entrada, el resultado es válido y demuestra también que existe la posibilidad de perfeccionamiento en la próxima decisión.

Este es un proceso de retroalimentación.

Los cuatro componentes anteriores se combinan a continuación, y muestran el

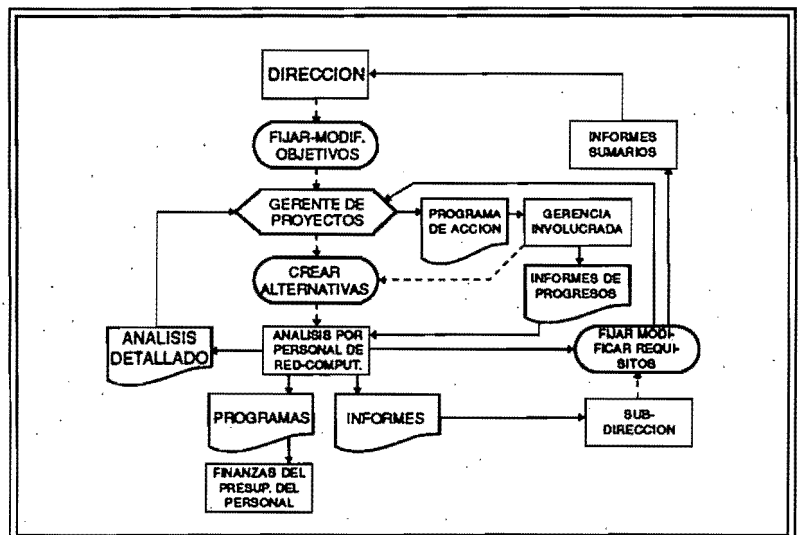


FIG.5.2.- CICLO DE PLANEACION Y DE CONTROL.

diagrama de un sistema con retroalimentación (figura 5.3.).

Para que el sistema decisorio trabaje con resultados positivos, necesitamos sustentar el componente de retroalimentación en varios elementos de control de nuestro proyecto.

**5.2. LIBRO DE CAMPO.**

Desde el primer día, y conforme vaya avanzando el proyecto, hasta su terminación total, es conveniente que cada supervisor vaya anotando el tipo de actividad que se está efectuando; la fecha y hora de inicio, así como la fecha y hora de terminación, el número de trabajadores que intervinieron en ella y el tiempo, especialidad y rango de cada uno de ellos, sus nombres y la descripción detallada de los trabajos que conformaron cada actividad considerada en la red de actividades o cronograma. Deben también anotarse las eventualidades que resulten y la forma de resolverlas. Posteriormente, las anotaciones de todos los supervisores (hechas a mano, con dibujos realizados a mano alzada), se conjuntarán por áreas, o actividad, formando así, el historial del proyecto llamado "Libro de Campo", que servirá para analizar el porqué, cómo, cuándo y dónde surgieron eventualidades no previstas que alargaron o pudieron haberlo hecho, el tiempo del proyecto, haciéndolo por consiguiente más costoso y evitarlas en proyectos futuros. y prever para tales proyectos en trabajos de cuidado o especializados, a trabajadores con experiencia. Podrán ajustarse en los nuevos proyectos, la duración de las actividades y los recursos humanos, económicos y materiales que requieran. El Libro de Campo será para cada nuevo proyecto una gran fuente de información.

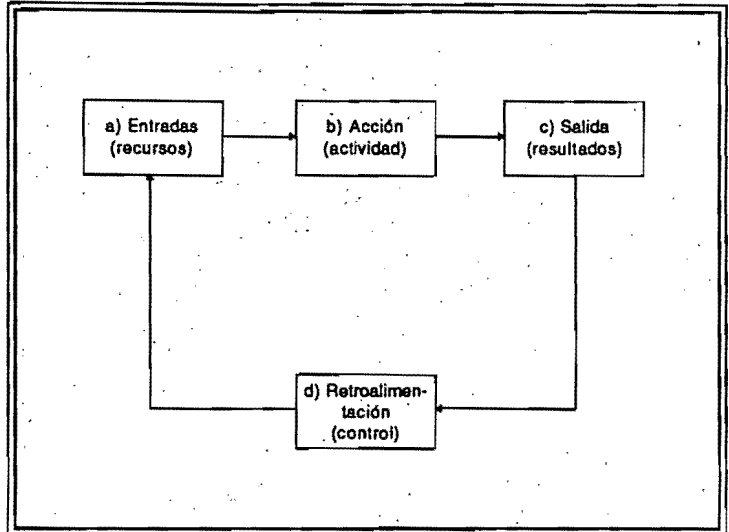


FIG.5.3.- DIAGRAMA DE UN SISTEMA CON RETROALIMENTACION

## ORDEN DE TRABAJO

PROYECTO: _____ PROCESO: _____ ACTIVIDAD: _____ RESPONSABLE: _____ INICIO MAS TEMPRANO: _____ INICIO MAS LEJANO: _____ TERMINACION MAS TEMPRANA: _____ TERMINACION MAS LEJANA: _____ DURACION: _____ % AVANCE POR DIA: _____ HOLGURA TOTAL: _____ LIBRE TEMPRANA: _____ HOLGURA %: _____ %	DATOS COMPLEMENTARIOS _____ _____ _____
INSTRUCCIONES:	
PRESUPUESTO: (P) PROGRAMADO, (R) REAL, (E) EFICACIA Mano de obra:      concepto      P      R      E _____      _____      _____      _____      _____ _____      _____      _____      _____      _____ _____      _____      _____      _____      _____ Materiales: _____      _____      _____      _____      _____ _____      _____      _____      _____      _____ _____      _____      _____      _____      _____ Otros gastos: _____      _____      _____      _____      _____ _____      _____      _____      _____      _____ Total programado \$ _____ Total realizado \$ _____ Eficiencia % _____	CROQUIS Y ANEXOS _____ _____ _____
LUGAR: _____ FECHA: _____ FORMULADO POR: _____ REVISADO POR: _____ AUTORIZADO POR: _____	NOMBRES DE PERSONAS AUTORIZADAS _____ _____

FIG.5.4.- FORMATO DE ORDEN DE TRABAJO PARA UN PROYECTO.

### **5.3. ORDENES DE TRABAJO.**

Es conveniente elaborar órdenes de trabajo con base en las especificaciones de la actividad, las condiciones limitantes, procedimientos de trabajo, equipo necesario y sus esquemas de proceso, el itinerario y el horario y la ayuda de las matrices de información. Para ello, se muestra en la figura 5.4., un posible formato. En estas órdenes, deben darse las indicaciones precisas para que la actividad se realice por la o por las personas responsables, de acuerdo con los planes generales en el tiempo, en la cantidad y la calidad deseada.

### **5.4. GRAFICAS DE AVANCE.**

Es necesario determinar, con precisión, el avance de cada una de las actividades, así como el que corresponde al proyecto total. Una forma efectiva de control es usar gráficas que permitan vigilar visualmente el desarrollo de las actividades, llevando para tal efecto las siguientes:

- Gráficas de avance programado y real de obra.
- Gráficas de avance programado y real de costos.
- Gráfica de eficacia en obra.
- Gráfica de eficacia en costos.
- Gráfica del índice situacional.

Se ha mencionado ya, que el proyecto puede ser conducido por distintas personas que tendrán bajo su cargo determinadas áreas o procesos del mismo con la responsabilidad de iniciar y terminar sus actividades a tiempo, por lo que es necesario e indispensable que cuenten con sus gráficas de control en donde pueden observar tanto el avance de su proceso, como su eficacia, además de un esquema de las secuencias de actividades en que se muestren en qué actividades se encuentran las holguras totales, de modo que los responsables de área o proceso tengan una idea precisa de sus disponibilidades de tiempo.

Para la Dirección será conveniente tener las gráficas correspondientes a todas y cada una de las áreas o procesos a la misma escala y en "acetatos", con la finalidad de hacer comparaciones rápidas sobreponiéndolos -entre las diferentes áreas y con el proyecto total-, lo que se llama la "muerte súbita" (que vuelve a mencionarse y se explica en el siguiente capítulo).

#### **5.4.1. GRAFICA DE AVANCE PROGRAMADO Y REAL DE OBRA.**

La gráfica se hará considerando los siguientes aspectos:

Los días-actividad del proyecto, es decir, sumando todos y cada uno de los días que dura cada una de las actividades hasta cubrir todas. El proyecto se considerará 100% terminado (véase la tabla 5.1.), cuando se hayan efectuado absolutamente todas las actividades. Por tanto, El avance (A) que corresponde a cada día-actividad y por actividad sería:

## PROYECTO REPARACION UNIDAD No. 2.

SEMANA	ACT/SEM	ACT.ACUM.	AV. PROG.
0	0	0	0
1	45	45	5.42
2	40	85	10.24
3	50	135	18.28
4	60	195	23.49
5	60	255	30.72
6	61	316	38.07
7	55	371	44.70
8	50	421	50.72
9	55	476	57.35
10	51	527	63.49
11	48	575	69.27
12	56	631	76.02
13	49	680	81.92
14	42	722	86.98
15	52	774	93.25
16	51	825	99.39
17	5	830	100.00

TABLA 5.1. AVANCES PROG. POR SEMANA

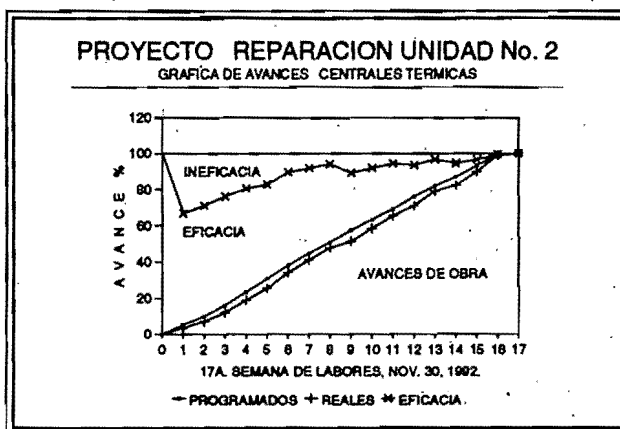


FIG.5.5.- GRAFICA DE AVANCES DE OBRA Y EFICACIA.

$$A = 1.00/\text{Número de días-actividad} \quad (5.1.)$$

Si en un día se efectuaran "n" actividades en paralelo, el avance del proyecto en ese día, sería:

$$AD = \Sigma A_n \quad (5.2.)$$

Para calcular el valor del porcentaje que representan cada uno de los procesos o áreas, se cuentan los días-actividad de cada uno de ellos, y se divide entre el total del proyecto. Lo anterior significa que un proceso que represente un 18% del proyecto, y que tenga un avance de 28%, **representará para el proyecto, realmente un avance de 5.04%** ( $0.18 * 0.28 = 0.0504$ ).

Cuando se han calculado los avances programados, por área y del proyecto, se está en posibilidad de construir ya las gráficas de control como las que a continuación se muestran (Fig. 5.5.):

La eficacia por área y del proyecto, podrá calcularse dividiendo el avance real entre el avance programado, que se estimará (después de calcularse por actividad), de la misma manera que se indicó para el programado. La gráfica de EFICACIA servirá para observar el ritmo o velocidad del trabajo, al mismo tiempo que las metas parciales que se van logrando con el transcurso del tiempo.

$$E = (\text{Avance real}/\text{Avance programado}) * 100 \quad (5.3.)$$

El valor de "E" puede, en ocasiones, llegar a ser mayor de 100, cuando el avance realizado supere las expectativas de la programación lo que dependerá de si el tiempo considerado en ciertas actividades fue muy largo, se le "inyectaron" más recursos de los estimados, se comenzó con bastante tiempo de antelación a lo programado, etc..., por lo que podríamos considerar la eficacia como un indicador de la programación y de la utilidad que puede obtenerse de los recursos humanos o económicos para lograr un

efecto determinado. También cuando las actividades se adelantan en su ejecución a las fechas programadas, generalmente no modifican sus costos directos y en cambio sí disminuyen los costos indirectos. Puede decirse en términos generales, que benefician los resultados de los presupuestos al terminar las actividades antes de

la fecha programada. También se hace sencilla la decisión para adelantar la actividad siguiente a la que se terminó con anticipación, condicionados únicamente a investigar la posibilidad de hacerlo en función a contar en ese momento con los recursos humanos y materiales que se requieren.

Cuando se trata de retrasos, no se hacen tan sencillas la evaluación y la decisión, ya que generalmente, se alteran los costos, las secuencias se trastornan y se pierde la disponibilidad del tiempo. Esto hace que haya necesidad de buscar un procedimiento de evaluación que nos permita determinar todas las consecuencias de un retraso en una actividad del proyecto.

Los estados de PERT-COSTO sintetizan la información desde la iniciación del proyecto, suministrando datos resumidos o detallados conforme lo haya indicado el análisis. Los estados-resúmenes de la administración PERT-COSTO presentan la programación global en el tiempo y la situación de costos del proyecto, como un todo, e igualmente la situación de cada grupo de tareas en que pueda subdividirse el proyecto global.

Estos estados-resúmenes pueden suministrarse en diferentes niveles de detalle, conforme al deseo de la Dirección o según se haya fijado previamente. De una forma u otra, su finalidad es revelar hechos, tales como:

Diferencias entre costos previstos y acumulados en una fecha determinada.

Proyección de estas variaciones de costos para el proyecto global.

El atraso total del proyecto en relación a lo programado.

Identificación de las tareas que se presenten como puntos de estrangulación.

Una de las características más predominantes del PERT-COSTO, es la complejidad. La cantidad de información es de tal magnitud que puede perderse de vista el objetivo principal de controlar el proyecto. Sin embargo, es de hacer notar que: **LA RESPONSABILIDAD FUNDAMENTAL DEL ADMINISTRADOR DEL PROYECTO, ES LA DE TOMAR DECISIONES Y NO LA DE ABSORBER INFORMACIONES.**

Los valores de eficacia de obra, pueden graficarse con los de avance de obra por área y del proyecto total, para facilitar su análisis.

#### **5.4.2. GRAFICA DE AVANCE PROGRAMADO Y REAL DE COSTOS.**

Se ha hecho bastante énfasis de que, en la programación se trata de saber principalmente cuánto costará la ejecución "normal" del proyecto; cómo se reflejará en el costo total la aceleración del proyecto; y cómo acelerarlo lo más económicamente posible. En el control de la ejecución es necesario observar los gastos realmente hechos y establecer un criterio para juzgar si tales gastos se conforman a lo programado.

Existe un método PERT-COSTO, que se utiliza como instrumento de administración, y es una extensión del llamado PERT-TIEMPO y que tiene como su principal finalidad proporcionar elementos que permitan, de la mejor manera posible, llevar a cabo la planeación, coordinación y el control de un proyecto. Los elementos que nos proporciona y permite conocer son:

Plan, programa y costos corrientes del proyecto.

Resultados obtenidos en una fecha determinada en términos de tiempo y costo, en relación con el proyecto-plan inicial.

Proyección del tiempo y costo necesarios al término del proyecto.

Indicación y clasificación de los campos donde surgen dificultades y problemas críticos.

Indicación de posibles dificultades.

Conocimiento anticipado de atrasos en la programación, así como exceso o falta en los gastos.

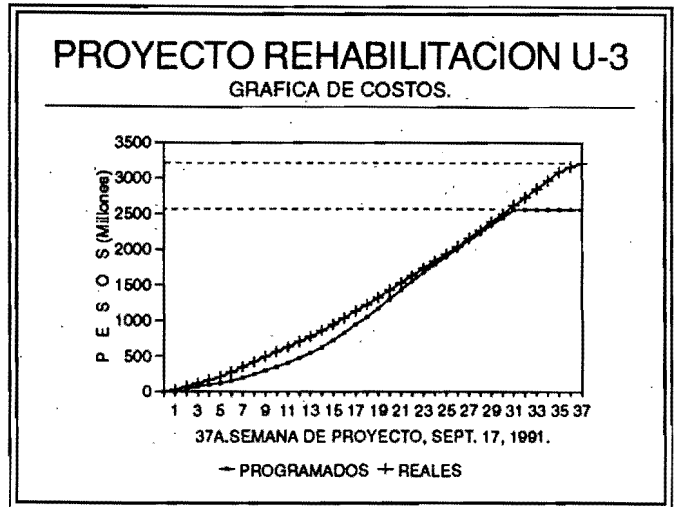


FIG.5.6.- GRAFICA DE COSTOS DE M.O. PROGRAMADOS Y REALES.

Elementos para que la administración identifique fuentes de recursos para sufragar etapas más críticas.

Como ya se dijo: el programa debe establecer las erogaciones y las fechas de las mismas, las que podrán fácilmente graficarse como se muestra en las figuras 5.6 y 5.7. Conforme avanza el proyecto y de acuerdo a la periodicidad preestablecida de las revisiones de control (diarias, semanales o mensuales), se irán graficando los valores de los costos erogados en la misma gráfica de los costos presupuestados. De estas dos curvas de costos, pueden obtenerse los de la curva de eficacia de costos:

$$E_{\text{costos}} = \frac{\text{Presupuesto}}{\text{Gastos Reales}} \quad (5.4)$$

### 5.5. INDICE SITUACIONAL (I.S).

Este índice, es una herramienta de control que llena la mayoría de los requisitos, que como tal se exigen. Esta herramienta es una técnica que permite integrar la eficacia técnica al control y se denomina Índice del Estado (o Situación) o Status Index. Básicamente el Status Index utilizado en proyectos avanzados de la N.A.S.A., en los que el método PERT-COSTO se empleó con ciertos resultados insatisfactorios, permite relacionar el avance y costos reales del proyecto con el desarrollo y costo programados.

El I.S. se define por la relación:

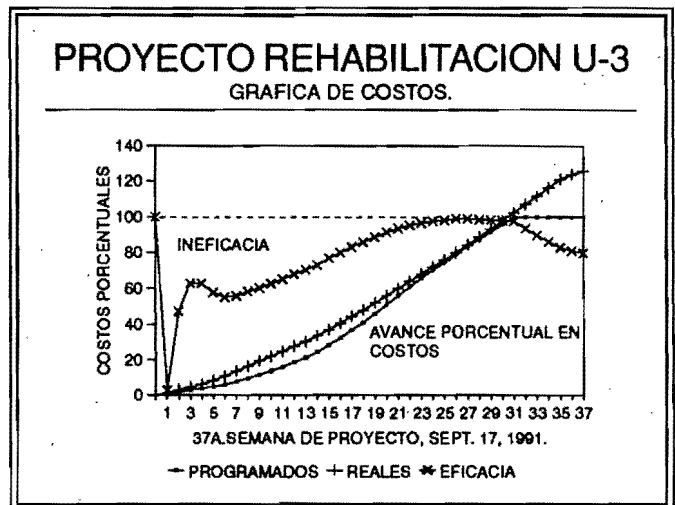


FIG.5.7.- COSTOS PORCENTUALES DE MANO DE OBRA, Y EFICACIA



$$I.S. = (\text{Avance Real} / \text{Avance Programado}) * (\text{Presupuesto} / \text{Gastos reales}) \quad (5.5)$$

Puede verse que se obtiene directamente por el producto de las eficacias de avance de obra y de costos.

$$I.S. = E * E_{\text{costos}} \quad (5.6)$$

Un valor del índice igual a 1, nos indica que lo ejecutado va conforme a lo programado.

Un valor mayor a 1, nos indica que nuestro avance va superando lo esperado en relación al dinero que se ha gastado.

Un valor menor a 1, nos indica que el avance está por debajo a lo esperado en relación al dinero que se ha gastado.

Por tanto, un análisis adecuado del I.S. proporciona la siguiente información:

Eficacia tiempo-costo en una fecha determinada, con relación al programa.

Proyección de tiempo y costo para la terminación del proyecto.

Indicación y clasificación de las actividades y áreas o procesos que presenten situaciones críticas.

Indicación de posibles dificultades.

Anticipación de los atrasos en relación con lo programado, así como errores por faltas o excesos en los costos.

Medios para determinar dónde pueden ahorrarse recursos para atender etapas más críticas.

Para efectuar con mayor facilidad los análisis necesarios, es conveniente graficar también los valores del I.S., como se muestra en la gráfica de la figura 5.8.

A las evaluaciones mencionadas, se puede agregar el llamado porcentaje ponderado. Es decir, si en una determinada fecha del programa se encuentra que se ha consumido el 30% del tiempo de la ruta crítica y las erogaciones han sido 15% mayores a los tiempos previstos para las actividades realizadas hasta esa fecha, se interpreta por medio del porcentaje ponderado que la obra terminará con un costo de 6% (producto de  $0.30 * 0.15$ ) mayor al previsto. Si el tiempo de la ruta que se ha consumido es el 90% y las erogaciones continúan con un 15%

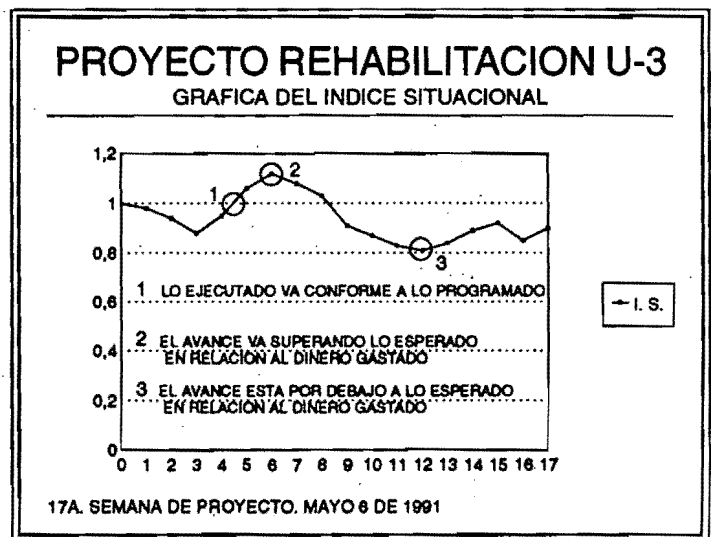


FIG.5.8.- GRAFICA DEL INDICE SITUACIONAL

arriba a lo presupuestado, la obra excederá en 13.5% a éste (producto de  $0.90 * 0.15$ ). Con estas evaluaciones puede decirse que las variaciones mayores o menores que ocurren a la iniciación del proyecto, podrán compensarse durante el transcurso de los trabajos, pero las que aparezcan al final tal vez no puedan serlo.

Un índice más, que se podría considerar para adoptar un criterio y evaluar rápidamente cómo se desarrolla el proyecto, ayudados por los índices de estado o de situación, es el de la estimación del valor del trabajo realizado, que se calcula por la siguiente fórmula:

$$V = G E / R \quad (5.7.)$$

En la que:

V, Representa el valor del trabajo realizado.

G, Gastos efectuados hasta la fecha.

E, Estimación hecha en la planeación original.

R, Revisión de la estimación original (el valor de "G" más lo que se estima necesario gastar para llegar al fin).

Cuando se habla de costos, se hace de una forma generalizada. Sin embargo, es preciso diferenciar claramente en un proyecto dos tipos de costos:

## 5.6. COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS.

### 5.6.1. COSTOS DIRECTOS O INTERNOS DE ACTIVIDADES.

comprenden los costos de material, equipo y mano de obra necesarios y utilizados directamente para que la actividad de que se trate, se pueda ejecutar. Si la ejecución de la actividad estuviese íntegramente a cargo de un subcontratista, el costo directo podrá ser igual al precio de ese subcontratista. En realidad deberá considerarse aquí toda la cantidad parcial o porción que pudiera medirse, aunque sea aproximadamente, sobre cada actividad.

### 5.6.2. COSTOS INDIRECTOS O EXTERNOS DEL PROYECTO.

Corresponden a los costos que no pueden asignarse a una actividad, o a un conjunto de ellas (etapa). Pueden incluirse además de la suspensión de la actividad y otros costos fijos usuales, las tasas de interés, las multas que puedan imponerse por atraso en la ejecución (si es que la hubiere en este tipo de proyectos), aparte de las cantidades o porciones comúnmente acumuladas como indirectas. Tales costos se expresan en función de la duración del proyecto. Es de observar aquí, que se presentan características subjetivas de evaluación en la definición de las porciones o partes correspondientes que han de considerarse como directas (internas) o indirectas (externas).

El costo normal de la actividad será el que corresponda a su ejecución con la movilización de los recursos normales disponibles y por tanto, la duración correspondiente a esa actividad se denomina "tiempo o duración

normal". Es el tiempo normal, entonces, aquél en que se consigue ejecutar la actividad con la reducción al mínimo de sus costos directos lo que excluye horas de trabajo extraordinarias o la utilización de materiales o equipo especiales destinados a disminuir la duración, y ofrece por otro lado, mayores ventajas, no obstante sus costos más elevados.

En general, un proyecto no se desarrollará en un tiempo menor que el normal, a menos que por alguna de las razones siguientes, haya interés en la replaneación y reescalonamiento del proyecto:

La duración del proyecto es demasiado larga frente a algún plazo contractual o que afecte seriamente al sistema al que pertenece.

La administración puede exigir informaciones sobre los costos "extras" que reduzcan la duración del proyecto, sabiéndose que esto ocurrirá generalmente cuando haya modificaciones de las normas de ejecución del mismo.

Puede materializarse el desarrollo del proyecto a manera de minimizar la suma de los costos internos y externos y no solamente los costos directos, o ejecutarlo en un lapso dado en ocasiones arbitrario, pero determinado previamente.

Suponiendo que los costos externos puedan determinarse debidamente, el problema inicial consistirá en el escalonamiento de las actividades de modo que se ajusten a los tiempos especificados en el proyecto y para los cuales los costos internos sean mínimos.

**5.7. REGISTROS DE COSTOS.**

Todos los materiales que se requieran para las diferentes áreas o procesos pueden anotarse en las formas "Reporte de Materiales" y "Registro de costo de materiales"(Tablas 5.2. y 5.3.), los que pueden graficarse acumulativamente por área y por proyecto, con la finalidad de apreciar los grandes "escalones", en las fechas en que fueron necesarias varias compras diversas o en mayores cantidades por falta de previsión que retarde el

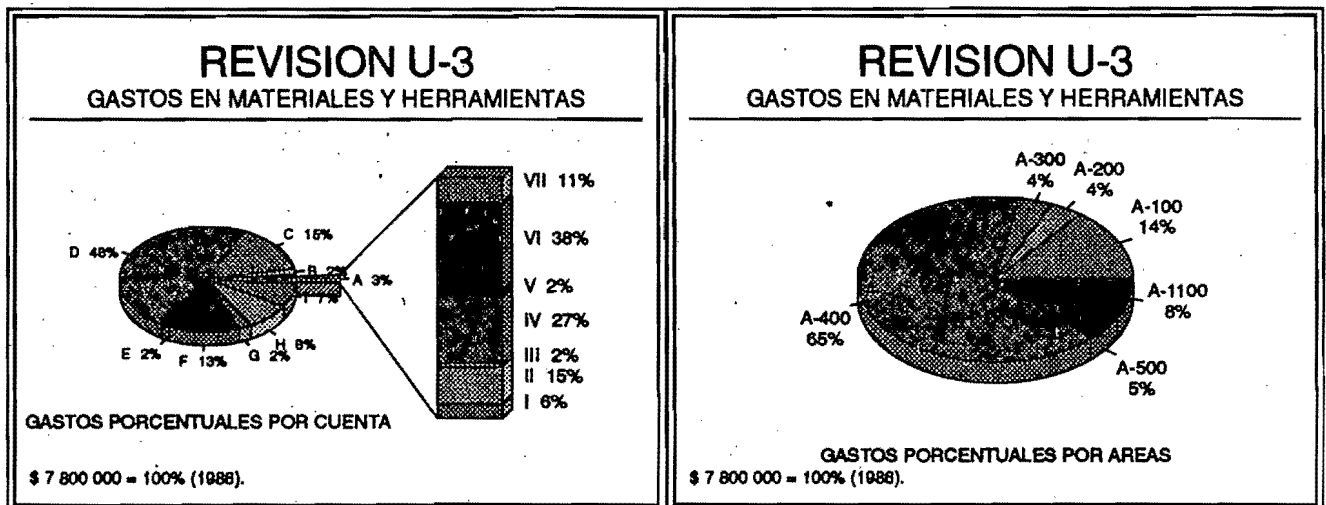


FIG.5.9.- GASTOS PORCENTUALES POR NUM. DE CUENTA.

FIG.5.10.- GASTOS PORCENTUALES POR AREAS.

proyecto, o porque surgen eventualidades que deben ser rápidamente resueltas y previstas en lo que queda del proyecto.

En las figuras 5.9., 5.10., 5.11., 5.12. y 5.13. se pueden observar diferentes representaciones de los gastos efectuados, que nos permiten visualizar con mayor facilidad las cantidades, fechas en que se efectuaron y áreas que los erogaron.

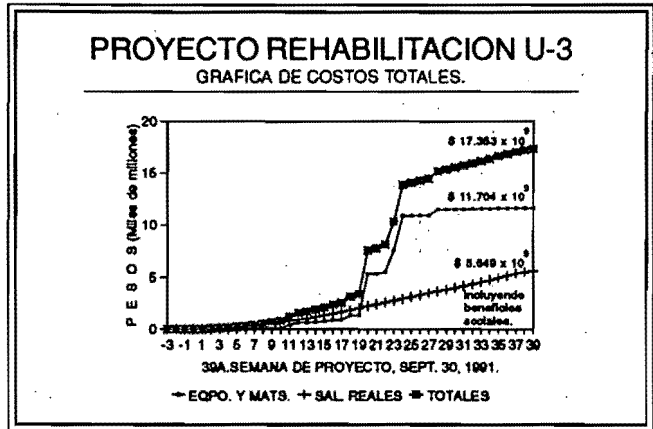


FIG.5.11.- GRAFICA DE GASTOS TOTALES (EQUIPO,MATS.,M.O)

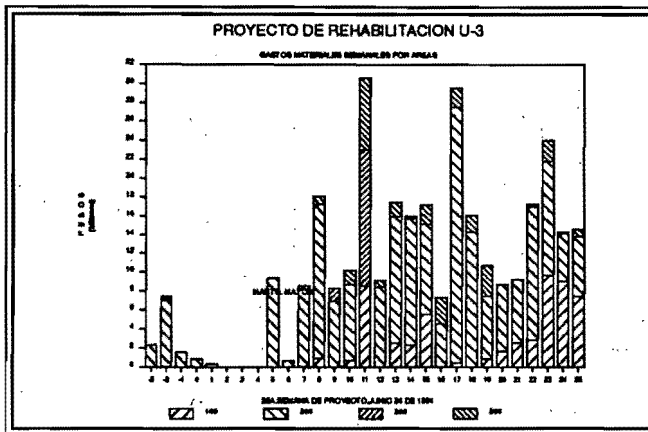


FIG. 5.12.-GRAFICA DE BARRAS DE GASTOS POR AREAS

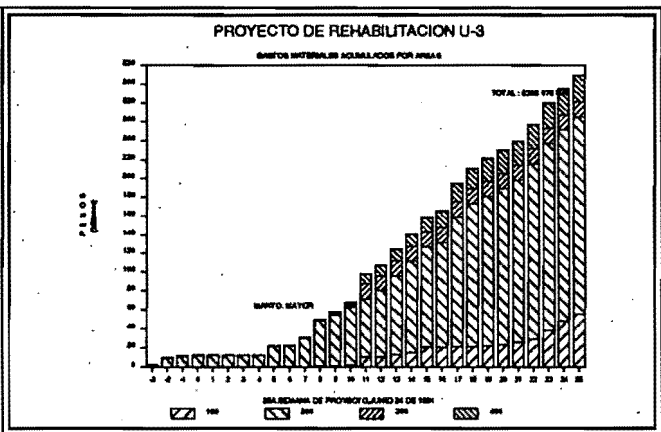


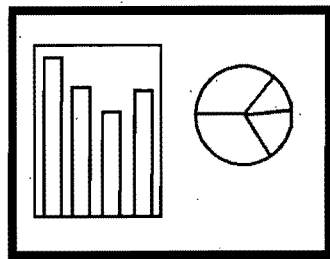
FIG.5.13.- GRAFICA DE BARRAS DE GASTOS ACUM. POR AREAS.

REPORTE DE MATERIALES										
AREA No. 200		REPORTE No. 1. A 21.								
DESCRIPCION	UNIDAD	ESTIMADO			FECHA ACTUAL			INDICADO		
		CANT.	COSTO UNIT.	COSTO TOTAL	CANT.	COSTO UNIT.	COSTO TOTAL	COSTO FINAL PROB.	AHORRO	EXCESO
Hierro y acero	toneladas	37	180	4520	26	148	3425	4300	120	
Pavimento de asfalto	m <sup>2</sup>	4800	8,10	87360	4800	7,86	84110	36000	2280	
Materiales diversos				1500			120	1500		
<b>Total</b>				<b>49080</b>			<b>36655</b>	<b>40700</b>	<b>2380</b>	

TABLA 5.2. REPORTE DE MATERIALES.

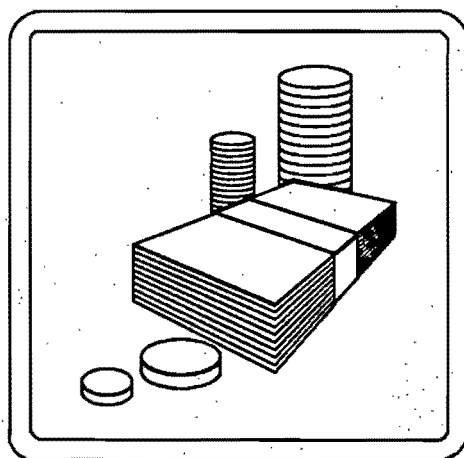
REGISTRO DE COSTO DE MATERIALES									
AREA No. 200		CANTIDAD PRESUPUESTADA ESTIMADA		COSTO UNITARIO		COSTO TOTAL			
FECHA	COMPRADO A	DESCRIPCION	TRAMITE	INV.	CHEQUE O DOCUMENTO	REPORTE	COSTO COMPRADO	HABER	COSTO NETO A LA FECHA
05/08	CIA. MAL. DE ACEROS	1.8 mm x 1.82 mm x 45 m	45-04-83	186	84-AS	8	4320		4320
05/08	CIA. MAL. DE ACEROS	2.7 mm x 503 mm x 55 m	45-04-83	167	84-AS	8	5200		5200
12/08	CIA. MAL. DE ACEROS	2.7 mm x 554 mm x 45 m	45-04-83	178	137-CD	11	8000		8176

TABLA 5.3. REG. DE COSTO DE MATERIALES.



# CAPITULO 6

# ANALISIS DE RESULTADOS



# CAPITULO 6

## 6.0. ANALISIS DE RESULTADOS.

### 6.1. NIVELACION DE ACTIVIDADES Y AVANCES.

Ya se ha mencionado que en caso de que un proyecto pueda ser dividido en áreas, secciones o sistemas, es conveniente llevar gráficas generales del mismo. Lo anterior permitirá visualizar más fácilmente las actividades donde haya o pueda haber dificultades que atrasen el avance de los trabajos del área y consecuentemente de toda la empresa.

El análisis de resultados nos facilitará diseñar un sistema que permita un control efectivo del avance físico del proyecto, así como del avance financiero; aún más, que permita establecer a cada momento, la relación tiempo/costo o meta/costo, es decir, por ejemplo, si se consiguió o no un equilibrio entre los gastos y los trabajos (o parte de ellos), ejecutados.

El desplazar en el tiempo las actividades de los programas, como se discutió en el capítulo 4, para obtener una mejor distribución y utilización de recursos, permite a la vez tener una curva de avances programados con una pendiente menos pronunciada, cuyos trabajos pueden ejecutarse de acuerdo a tal programación, y lograr con ello una mejor eficacia. En la gráfica de barras de actividades para la rehabilitación de la caldera de la unidad número 3, titulada como "no-niveladas", se representa el número de días-actividad/semana. Con esta distribución de actividades se obtiene una gráfica (mostrada en la figura 6.2.) de avances programados, que de seguirla, tendría que desarrollarse el 50% del programa en aproximadamente el 22% del tiempo (semana 8; 6.25% de avance por semana) calculado para terminarse al inicio de la semana 37, mientras que el 50% restante, se terminaría en el 78% de tiempo de dicho programa. Lo anterior requiere lógicamente al inicio del proyecto de una gran cantidad de recursos, la que tendría que irse decrementando en forma continua hasta llegar prácticamente a cero durante el período de pruebas-corrección y/o ajuste-puesta en marcha del equipo. Al término de la semana 18 (casi el 50% del proyecto), se tendría un avance de obra aproximado de 82%, quedando el 18% para terminarse en 19 semanas (0.95% de avance por semana en este caso). En la gráfica de la figura 6.3. de actividades "niveladas" se aprecia que el centroide de tales actividades se ha desplazado a la semana 16, según se comprueba en la gráfica de avances de la figura 6.4. Ahora, el 50% del programa deberá

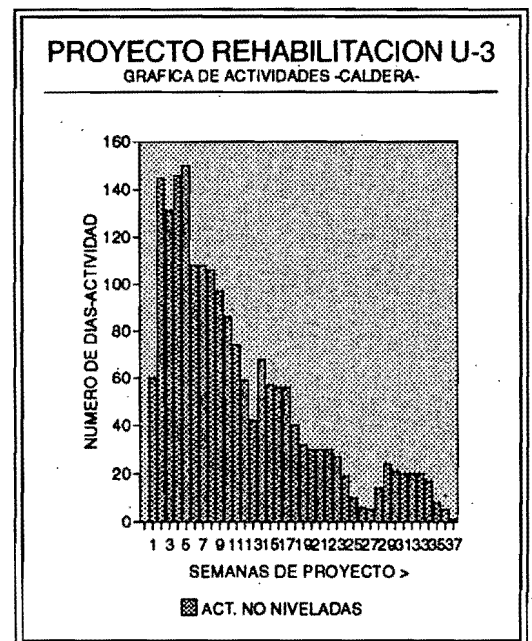


FIG.6.1.- GRAFICA DE ACTIVIDADES NO NIVELADAS, U-3.

desarrollarse en el 44% del tiempo estimado, siguiendo una curva con una pendiente casi diagonal al rectángulo que la enmarca, lo que permite trabajar con valores de eficacia mucho muy aproximados al 100%, sino es que iguales. De las gráficas que se mencionan, puede saberse el número de oficiales (o cuadrillas) que se requieren con sus ayudantes respectivos, al dividir los días-actividad entre el número de días hábiles de cada semana.

**6.2. MEDICION O CUANTIFICACION DEL MANTENIMIENTO.**

En los capítulos anteriores se utilizó la palabra cuantificación del mantenimiento; sin embargo, puesto que es necesario idear un modelo que pueda representarse adecuadamente en forma matemática que permita elaborar presupuestos, calcular costos e incluso prever eventualidades, como ya se ha dicho, en base al análisis de ciertos resultados o parámetros y con una certidumbre en pronósticos de aproximadamente 68 %, se ha definido una UNIDAD en la que generalmente se expresa, "se mide o se cuantifica la carga de trabajo", en términos de los recursos: tiempo y esfuerzo humano. Tal unidad es el tiempo en horas que ocupa un trabajador (mecánico por ejemplo), en darle el mantenimiento requerido a un equipo, por lo que se expresa en horas-hombre (h-h). El expresar que un cierto equipo representa 20 h-h de trabajo, da la idea de que un mecánico tardaría aproximadamente 20 horas en efectuar el mantenimiento (preventivo, correctivo, etc...) a determinado equipo; aunque bien podrían ser 2 mecánicos durante 10 horas o 4 durante 5, hasta llegar al máximo que nos expresa y permite la "Ley de los rendimientos decrecientes". Como ejemplo el mantenimiento a una bomba de agua de 2 HP, que requiera 4 h-h para su mantenimiento (revisión, alineación, balanceo, etc...), no sería conveniente ni tal vez factible dedicar a 4 mecánicos para que la terminaran en una hora, debido a limitaciones de espacio y de secuencia de las actividades. Sin embargo, se pueden considerar "cuadrillas" formadas por un número determinado de mecánicos (u oficiales), con sus respectivos ayudantes y en su caso con un subobrestante o sobrestante (y/o peones), por lo que la unidad de trabajo se expresaría en horas-cuadrilla. Debe tomarse en cuenta que quien tiene la responsabilidad directa de la ejecución y calidad de los trabajos, es el oficial, mientras que el sobrestante, ayudantes y

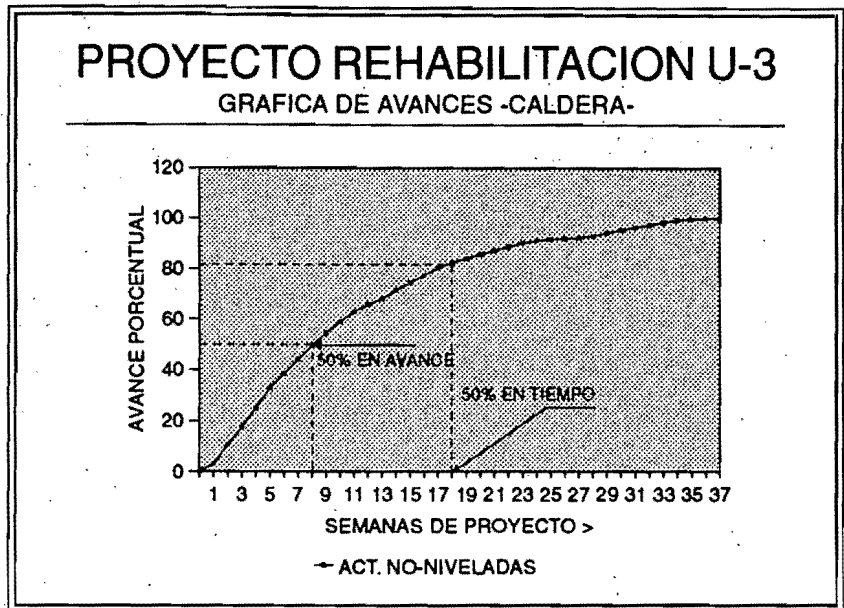


FIG.6.2.- GRAFICA DE AVANCES (ACT. NO NIVELADAS), U-3.

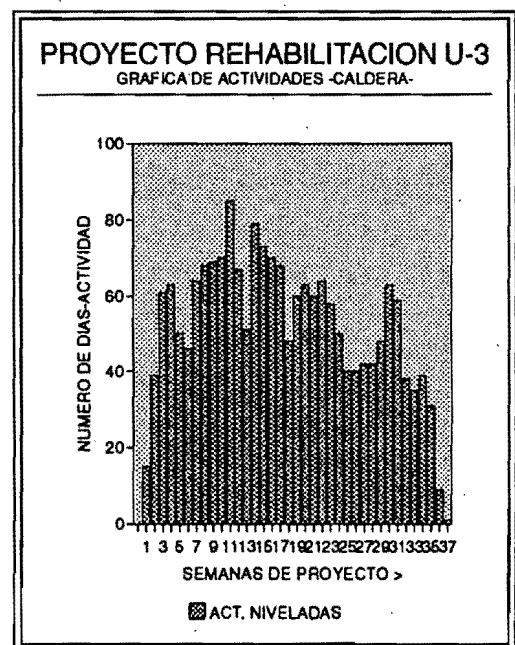


FIG.6.3.- GRAFICA DE ACTIVIDADES (NIVELADAS), U-3.

peones tienen otro tipo de responsabilidad en dichos trabajos; por lo que contabilizar la intervención de este personal en ellos, en forma separada (tanto el sobrestante como el sobrestante podrían considerarse como elementos de supervisión), crearía confusión en la MEDICION de la carga de trabajo o de mantenimiento. Para efecto de costos se pueden considerar como ejemplo las 20 h-h arriba mencionadas; si se refieren a un oficial cuyo salario es de 16.50 N\$/h y su ayudante con salario de 11.00 N\$/h, y puesto que cada uno trabaja 10 horas con el mismo equipo, el costo sería de N\$ 275.00. Podría el oficial trabajar el solo las 20 horas, lo que costaría en tal caso N\$ 330.00; o el oficial con un peón (de cierta experiencia, cercano a ser promovido), con un salario de 7.70 N\$/h, dando un costo de N\$ 242.00. Por tal motivo es conveniente referir adecuadamente las horas-hombre ya sea por cuadrilla o tomando como base al oficial. De la manera anterior, en cuestión de presupuestos la h-h equivalente del ayudante respecto al oficial sería de 0.67 (11/16.50), la del peón sería 0.47 (7.70/16.50) y la de un sobrestante con salario de 18.70 N\$/h, sería de 1.13.

Para el control del trabajo es importante que la referencia de h-h sea lo suficientemente específica para poder comprender la forma en que se están desarrollando los trabajos de un proyecto de mantenimiento, o de un programa cíclico de mantenimiento preventivo o correctivo, en el aspecto de la productividad. Para comprender lo anterior, se expone el siguiente ejemplo: En un mantenimiento preventivo se tiene una eficacia de obra de 87% y una eficacia de costos de 120%, las horas-hombre programadas son 165, mientras que las horas-hombre utilizadas son 195.

Al multiplicar el valor de las dos, eficacias de obra y costo, obtenemos:

$$0.87 * 1.20 = 1.044$$

Lo que significa que aunque se lleva un atraso de obra del 13% respecto a lo programado y un costo real, inferior al programado a la fecha (20% superior respecto a lo ejercido), existe aún un recurso económico de 4.4% de presupuesto no ejercido respecto al avance que debería llevarse a la fecha. Respecto a las h-h, la eficacia de éstas es:

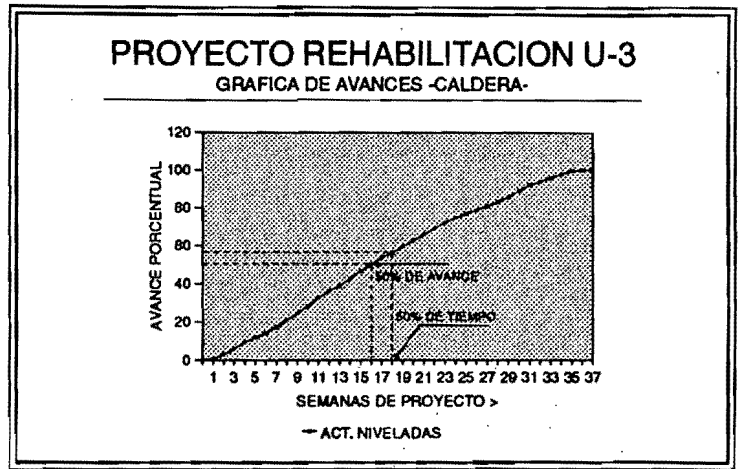


FIG.6.4.- GRAFICA DE AVANCES (ACT. NIVELADAS).

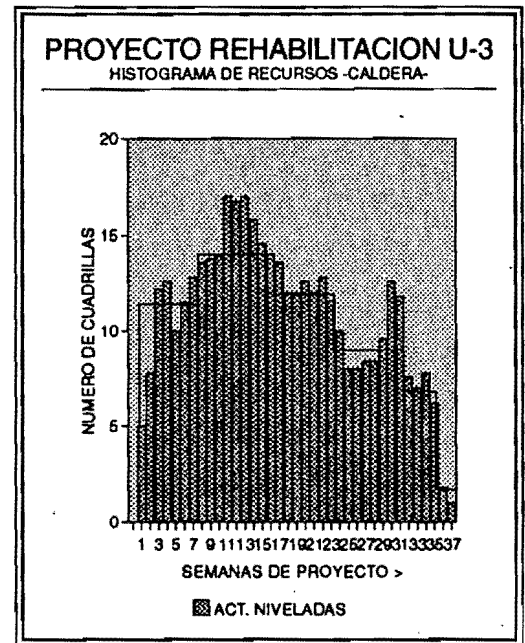


FIG.6.5.- HISTOGRAMA DE RECURSOS SEMANALES CALDERA U-3



$$165/195 * 100 = 84.6\%$$

Multiplicando la eficacia de avance con el resultado anterior, se tiene:

$$0.87 * 0.846 = 0.736$$

Lo anterior indica que se invirtió un 26.4% más de mano de obra, de la que debería haber laborado para lograr el avance obtenido hasta esta fecha, por lo que este valor se podría considerar como la PRODUCTIVIDAD del grupo de mantenimiento.

Utilizando lo anotado en líneas anteriores, en un programa de mantenimiento preventivo anual (mecánico), de uno de los grupos de los 3 sectores en que la Compañía de Luz y Fuerza del Centro S.A. divide a la zona metropolitana, permite ver por qué no logran sus objetivos de dar un mantenimiento preventivo normal a su equipo, en lugar de efectuar prácticamente puro correctivo.

Aunque como se dijo, normalmente se utilizan las horas-hombre, no es posible utilizar este criterio en forma general (a menos que sea como se indicó anteriormente, por el criterio de h-h proporcionales al salario y responsabilidad), puesto que normalmente un equipo mecánico es revisado por una cuadrilla conformada por un mecánico y su ayudante y en ocasiones los 2 anteriores, más un peón o un mecánico especial y un ayudante.

Es necesario mencionar que los tiempos promedio considerados para revisar o dar mantenimiento a los equipos y con los que se obtuvieron las gráficas de la figura 6.6. y siguientes, fueron dados por los superintendentes o jefes de los grupos y sectores arriba mencionados. Debido a lo anterior, el comparar los programas y los resultados de todos los sectores permite obtener conclusiones sobre la forma de trabajar de todos y cada uno de ellos, obteniendo lo que algunos autores de libros administrativos definen como "muerte súbita".

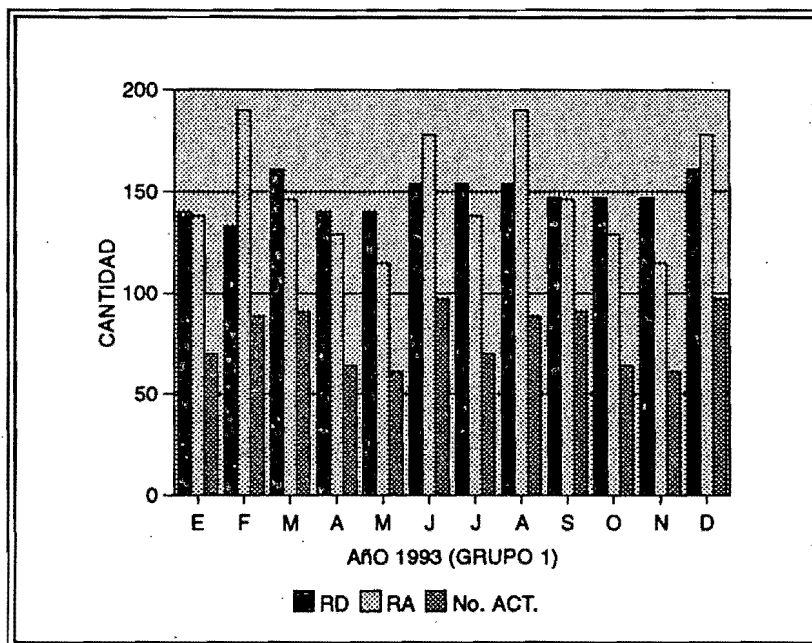


FIG.6.6.- RECURSOS RA, RD Y NUMERO DE ACTIVIDADES.

En la gráfica de la figura 6.7., se observa que los recursos programados o Recursos Asignados (RA), son mayores a los recursos disponibles (RD, o tiempo contractual de 8 horas/día \* 5 días/semana \* número de días hábiles del mes), durante los meses de Febrero, Junio, Agosto y Diciembre. La gráfica de la figura 6.8., permite ver cómo se comporta la programación acumulada respecto a la disponible acumulada (la cual se ha graficado de 0% a 100%), apreciándose también que la diferencia de una respecto a la otra (RD - RA = RDL o Recurso Disponible Libre), es el tiempo durante el cual -de existir éste; puesto que el RDL en este caso, obtiene valores ne-

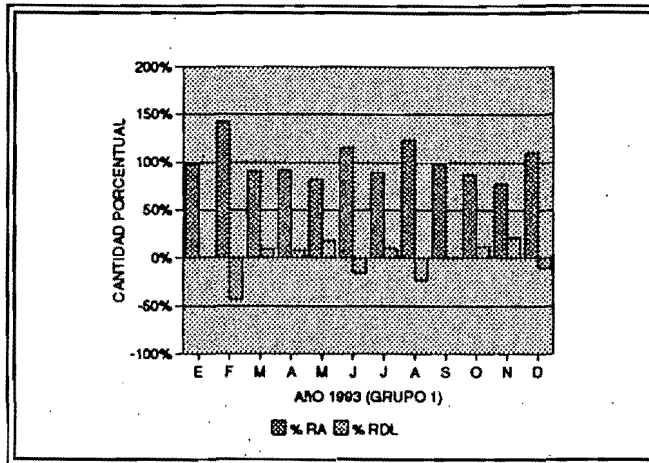


FIG.6.7.- UTILIZACION DE RECURSOS EN MANTO. PREVENTIVO

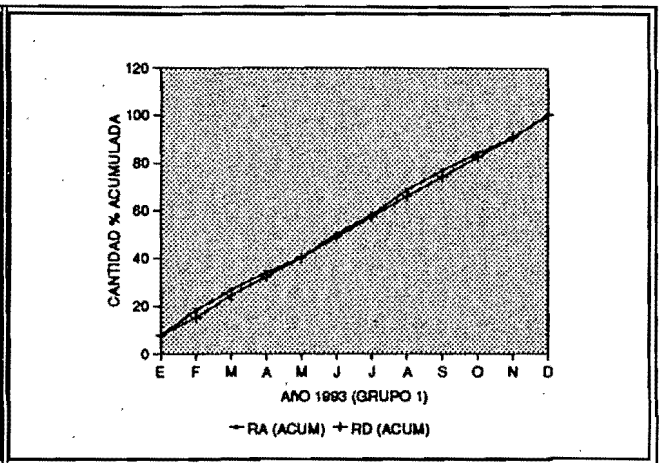


FIG.6.8.- RECURSOS RA Y RD ACUMULADOS.

gativos- es posible atender mantenimientos emergentes y absorber ausencias de personal por enfermedades, vacaciones, permisos, u otros.

Es conveniente hacer la observación de que si este sector puede cumplir con sus programas de mantenimiento preventivo, los otros sectores también podrán cumplir con los suyos y habrá que reconsiderar los tiempos promedio de cada actividad, reajustándola (ya que tendrán tiempos muy holgados). De otro modo, la programación del sector analizado es una simple falacia.

### 6.3. CALCULO DE INDICES.

Para el análisis es conveniente apoyarse en la técnica de los índices porcentuales, mismos que deberán expresarse en una sola unidad común de tiempo (día, semana, etc...), como los que se sugieren a continuación, todos ellos referidos al número de días utilizados de las holgas libres y totales disponibles:

#### Actividades Críticas Ejecutadas.

$$ACE = \frac{\sum D_{ce}}{\sum D_c} * 100 \tag{6.1.}$$

$\sum D_{ce}$  - Sumatoria de las duraciones de todas las actividades críticas ejecutadas.

$\sum D_c$  - Sumatoria de las duraciones en días de todas las actividades críticas del proyecto.

Las actividades críticas indican el avance real del proyecto. En un proyecto bien dirigido, este índice debe ser siempre muy próximo al 100%.

### Holgura Libre Utilizada.

$$HLU = \frac{\Sigma HLU}{\Sigma HL} \cdot 100 \quad (6.2.)$$

$\Sigma HLU$  - Sumatoria de todas las holguras libres utilizadas.

$\Sigma HL$  - Sumatoria de las duraciones en días de todas las holguras libres de las actividades del proyecto.

La Holgura libre -aunque cuando se hace uso de ella, no tenga influencia sobre las demás actividades de un proyecto- su utilización frecuente puede indicar que las duraciones de las diversas actividades, fueron mal estimadas por defecto.

### Holgura Total Utilizada.

$$HTU = \frac{\Sigma HTU}{\Sigma HT} \cdot 100 \quad (6.3.)$$

$\Sigma HTU$  - Sumatoria de todas las holguras totales utilizadas.

$\Sigma HT$  - Sumatoria de las duraciones en días, de todas las holguras totales de las actividades del proyecto.

La utilización de la Holgura Total en una actividad de un proyecto implica el desplazamiento de todas las actividades que la siguen. Un alto índice de utilización de esta holgura, indica la necesidad de revisiones muy frecuentes del atributo tiempo en el diagrama PERT/CPM.



**Actividades Programadas Ejecutadas.**

$$APE = \frac{\Sigma De}{\Sigma D} * 100 \quad (6.4.)$$

$\Sigma D$  - Sumatoria de las duraciones en días de todas las actividades del proyecto.

$\Sigma De$  - Sumatoria de las duraciones de todas las actividades ejecutadas.

Este índice demuestra el AVANCE DEL PROYECTO, una vez que establece un porcentaje entre la totalidad de días que serían empleados, actividad por actividad, separadamente, y el número de días efectivamente gastados en las actividades ejecutadas.

**Actividades Programadas Adelantadas.**

$\Sigma A$  - Sumatoria de los tiempos de adelantos de todas las actividades que están adelantadas.

$$APA = \frac{\Sigma A}{\Sigma D} * 100 \quad (6.5.)$$

Aunque un proyecto se encuentre atrasado o al día, puede que algunas actividades estén adelantadas en relación al tiempo programado. El porcentaje de adelanto referido a la totalidad de días necesarios a la ejecución de todas las actividades da una idea del grado de adelanto de ese grupo de actividades.

**Actividades Programadas Retrasadas.**

$$APR = \frac{\Sigma R}{\Sigma D} * 100 \quad (6.6.)$$

$\Sigma R$  - Sumatoria de los tiempos de retrasos de todas las actividades que están retrasadas.

Puede ocurrir también, que aunque un proyecto se encuentre adelantado o al día en relación al tiempo programado, se tengan algunas actividades en retraso. El porcentaje de retraso referido a la totalidad de días necesarios a la ejecución de todas las actividades da una idea del grado de retraso de este grupo de actividades.

### Indices de Comparación adelanto/retraso.

$$IC_d = \frac{\Sigma APA}{\Sigma APR} \begin{matrix} > \\ = \\ < \end{matrix} 1 \quad (6.7.1.)$$

IC = 1 equilibrio

IC > 1 adelanto global

IC < 1 atraso global

$$IC_s = \Sigma APA - \Sigma APR \begin{matrix} \geq \\ < \end{matrix} 0 \quad (6.7.2.)$$

IC = 0 equilibrio

IC > 0 adelanto global

IC < 0 atraso global

Aquí se indican dos formas de hacer la comparación entre las actividades en adelanto y las actividades en retraso: por división o por diferencia. Por medio de la primera, se llega a un número igual, mayor o menor que la unidad. La igualdad significa que existe perfecto equilibrio con relación al tiempo entre las actividades adelantadas y las atrasadas. Un resultado mayor que la unidad significa un adelanto aparente del proyecto; un resultado menor que la unidad significa un retraso aparente del proyecto. Cuando se habla de aparente, se tiene en cuenta el hecho de que el avance o retraso solamente será **real** si las actividades fueren afectadas. Si se analiza la diferencia entre el índice de adelanto (APA) y el de retraso (APR), un valor igual a cero significa un equilibrio entre las actividades en adelanto y en atraso; un valor mayor que cero indica un porcentaje de adelanto; un valor menor que cero indica un porcentaje de retraso.

### Actividades No Programadas en Proyecto.

$$ANP = \frac{\Sigma D_{np}}{\Sigma D} \cdot 100 \quad (6.8.)$$

$\Sigma D_{np}$  - Sumatoria de las duraciones en días de todas las actividades no programadas y que se incorporen al proyecto.

Este índice muestra el grado de perfección del proyecto original. En un proyecto bien elaborado, el número de actividades no programadas y que necesitan ser ejecutadas debe ser pequeño, así como el porcentaje de ellas en el conjunto de actividades, debe tender a cero. Al contrario, la necesidad de programar nuevas actividades no previstas, en número creciente, indica un proyecto mal elaborado.

### Actividades No Programadas en Ejecución.

$$ANE = \frac{\Sigma D_{npe}}{\Sigma D_{np}} \cdot 100 \quad (6.9.)$$

$\Sigma D_{npe}$  - Sumatoria de las duraciones de todas las actividades no programadas ejecutadas.

Cuando las actividades no programadas, exigen para su ejecución, recursos extraordinarios, es importante saber a cada momento, el porcentaje de actividades no programadas que están en ejecución y los recursos que se están utilizando en ellas, así como los que se requerirán.

Es de hacer notar que, en las fórmulas anteriores se pueden considerar dos fechas: La fecha en que se revisa el proyecto y la fecha en que se estima la terminación del mismo. Es decir, en la ecuación 6.1., podría utilizarse el valor de la sumatoria de las duraciones de todas las actividades críticas del proyecto hasta la fecha de revisión, o la sumatoria hasta la fecha estimada de terminación del proyecto. Con el primer valor se obtiene el porcentaje de actividades críticas que se ejecutaron hasta el momento, respecto a las que debían haberse realmente ejecutado, relación mencionada en el capítulo anterior como EFICACIA; mientras que al utilizar el segundo valor se obtendría el porcentaje de AVANCE REAL. Tanto la Eficacia como el Avance, se referirían a las actividades críticas en este caso.

Los cálculos anteriores pueden hacerse en forma rápida y automática por medio de una computadora y un programa adecuado (hoja electrónica de cálculo, por ejemplo), alimentándolo únicamente con los datos de la fecha del análisis, y los avances reales por actividad, en tal fecha (veáse la figura 6.9.).

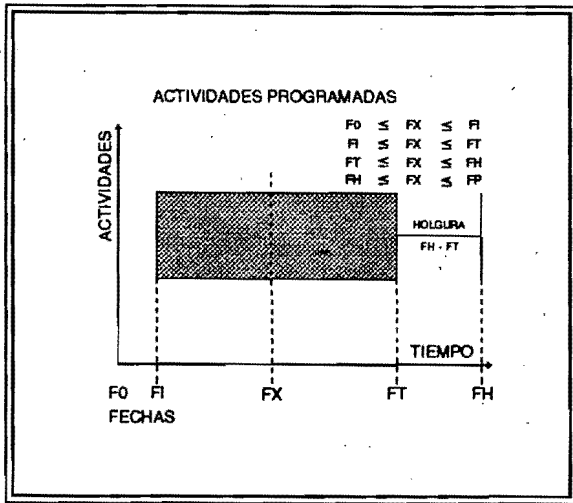


FIG.6.9.- CALCULO CON COMPUTADORA DE ACTIV. PROGRAMADAS.

Datos iniciales:

F0 = día 0; FI; FT; FH; FP (fecha de terminación del proyecto).

$$F0 < FX < FI$$

No. de días de iniciado el proyecto:

$$FX - F0$$

No. de días para iniciar la actividad:

$$FI - FX$$

$$FI < FX < FT$$

No. de días de iniciada la actividad (Avance Programado):

$$FX - FI$$

No. de días para terminar la actividad:

$$FT - FX$$

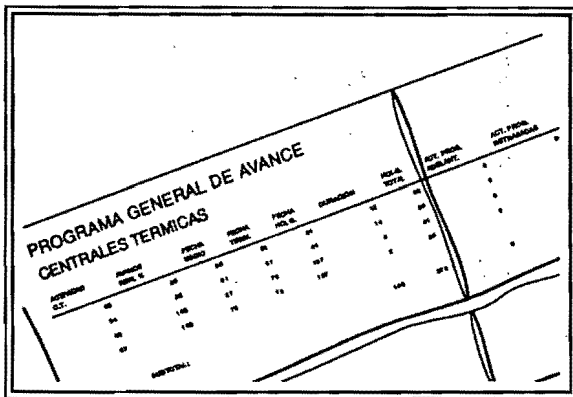


FIG.10.- HOJA DE DATOS DEL ESTADO DE ACTIVIDADES.

$$FT < FX < FH$$

No. de días de holgura total utilizada:

$$FX - FT$$

No. de días restantes de holgura total:

$$FH - FX$$

$$FH < FX < FP$$

No. de días consumidos en exceso de la holgura:

$$FX - FH$$

ESTADO DEL PROGRAMA DE AVANCES CENTRALES TERMICAS			
DESCRIPCION DEL CONCEPTO	SEMANAS	CALDERA	TURBINA GENERADOR
ACT.ORT.ELEC.	100	95.00%	98.30%
ACT.ORT.PROG.ELEC.	100	95.00%	98.30%
HOL.TOT.UTIL.	100	95.00%	98.30%
ACT.PROG.ELEC.	100	95.00%	98.30%
ACT.PROG.ADEL.	100	95.00%	98.30%
ACT.PROG.METR.	100	95.00%	98.30%
INDICE COMP.	100	95.00%	98.30%
INDICE COMP.	100	95.00%	98.30%
AVANCE PROG.	100	95.00%	98.30%
ACTUALIZ.			
ACT.ORT.ELEC.	100	95.00%	98.30%
ACT.ORT.PROG.ELEC.	100	95.00%	98.30%
HOL.TOT.UTIL.	100	95.00%	98.30%
ACT.PROG.ELEC.	100	95.00%	98.30%
ACT.PROG.ADEL.	100	95.00%	98.30%
ACT.PROG.METR.	100	95.00%	98.30%
INDICE COMP.	100	95.00%	98.30%
INDICE COMP.	100	95.00%	98.30%

SEMANA 28. FECHA DE REVISION: 111.

FIG.11.- ESTADO DEL PROGRAMA DE AVANCES.

No. de días que restan para terminar el proyecto:

FP - FX

Duración de la actividad:

FT - FI

Datos a capturar el día del análisis:

FX (fecha del análisis), AR (avance realizado).

#### 6.4. INDICES ACUMULADOS.

Puede hacerse un análisis por medio de este índice (como complemento o en lugar del índice Situacional, en su caso), el cual se calcula por la siguiente fórmula:

$$IR_A = \frac{\Sigma MFE}{\Sigma MFP} \cdot \frac{\Sigma PRE}{\Sigma GRE} \quad (6.10.)$$

$\Sigma MFE$  - Sumatoria de las metas físicas alcanzadas en los períodos (días, semanas, meses, etc...), hasta la fecha de control, o sea, la meta física alcanzada hasta la fecha.

$\Sigma MFP$  - Sumatoria de las metas físicas programadas hasta la fecha de control.

$\Sigma PRE$  - Sumatoria de los presupuestos asignados a la ejecución de las metas físicas hasta la fecha de control.

$\Sigma GRE$  - Sumatoria de los gastos reales efectuados con la ejecución de las metas físicas hasta la fecha de control.

Para valores de  $IR_A < 1$ , solamente se ha alcanzado un porcentaje (el calculado mediante la fórmula) de la meta física para el gasto programado.

Para valores de  $IR_A > 1$ , se sobrepasó el resultado previsto, habiendo conseguido un avance real -hasta la fecha del control-, sobre las metas físicas programadas, con un costo por debajo de lo previsto.

Para valores de  $IR_A = 1$ , aun si se hubiera alcanzado una meta física baja, en relación a la programada, se ha llegado a la fecha con los recursos disponibles dentro del plazo previsto.



## 6.5. ANALISIS DE LAS GRAFICAS.

Estas deben permitir la simplificación del análisis de los resultados que se van obteniendo conforme avanza el proyecto. El estudio se hará con base en la disimilitud de las gráficas de avances reales respecto a las programadas. No puede esperarse que el proyecto sea perfecto, sin embargo, será perfectible en mayor o menor grado, según se atiende su desarrollo. Muchas eventualidades, principalmente las imprevistas harán más disímiles las gráficas, pero desde el inicio del proyecto, éste se elabora a base de pronósticos, por lo que se considera que la probabilidad de terminarlo en el tiempo previsto, es del 68%.

## 6.6. CORRELACION.

De los métodos estadísticos para hacer pronósticos durante el Análisis de Resultados, se considera también práctico el de Análisis de Correlaciones, que se desarrolla adecuadamente con la ayuda de las gráficas de avances, factibles de correlacionar con el tiempo, incluso en extrapolaciones gráficas y no lineales. Cuando es posible hallar un índice que pueda vincularse en forma recíproca y en alto grado con un elemento que tenga que calcularse estimativamente aunque sólo para un período, los procedimientos técnicos para correlaciones formales pueden ser de mucha utilidad. En los casos en que el período sea insuficiente para satisfacer los requisitos para un pronóstico más prolongado, la relación recíproca de un elemento que se calcula estimativamente bajo y por el índice disponible, continúa dejando a quien hace la formulación del pronóstico frente a la necesidad de recurrir a la predicción o bien tiene que obtener un pronóstico del "valor de los valores" del índice mismo.

Si se considera que una regresión lineal expresa adecuadamente la relación recíproca, entonces puede adaptarse a los datos -avance como función del tiempo- una línea de regresión de cuadrados mínimos, cuya ecuación de las relaciones en la forma general es:

$$Y = a + bX \quad (6.11.)$$

Los cálculos para hallar  $a$  y  $b$  pueden efectuarse resolviendo el sistema de dos ecuaciones simultaneas:

$$\Sigma Y = Na + b\Sigma X \quad (6.12.)$$

$$\Sigma XY = a\Sigma X + b\Sigma X^2 \quad (6.13.)$$

donde  $N$  es el número de puntos marcado de los datos y  $Y = f(X)$ ,  $a$  es el punto donde la línea de regresión cruza al eje de las ordenadas y  $b$  la pendiente de dicha línea (véase la figura 6.12.).

Es necesario sin embargo, saber qué tan confiable puede ser el pronóstico por este método, por ejemplo, mediante extrapolación en un proyecto que esté atrasado, de seguir con esa tendencia, ¿hasta que fecha se atrasaría su terminación? y ¿cual sería en tal caso su

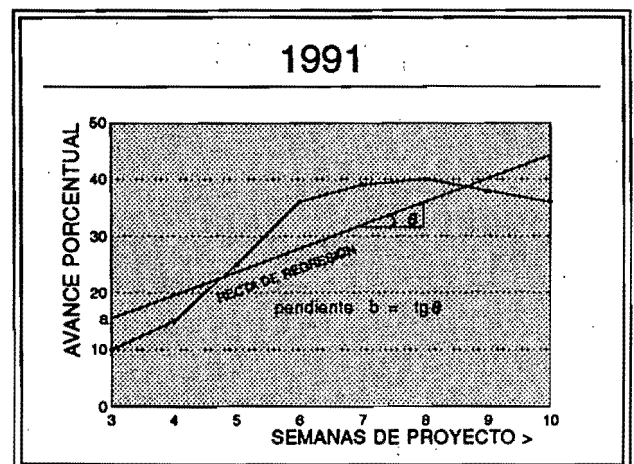


FIG.6.12.- RECTA DE REGRESION.

costo final probable? La media cuantitativa estándar de la "precisión de adaptación" de una regresión lineal se denomina **Coefficiente de correlación (CC)**. Este coeficiente es una medida de confiabilidad. Si el valor absoluto del CC es 1, significa que existe una correlación perfecta entre la variable independiente y la dependiente, y cualquier valor absoluto entre 1 y 0 es una medida de la correlación relativa o de la falta de ella.

El CC puede en este caso calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$CC = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 \sum (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (6.14.)$$

Es claro, que el análisis de correlaciones debe hacerse con criterio aceptado, en especial si puede esperarse razonablemente que la correlación mostrada en el pasado continuará sobre la base de las circunstancias futuras.

### 6.7. ANALISIS FINAL.

Una vez terminadas las actividades del proyecto, será necesario un análisis detallado de todas y cada una de las eventualidades que provocaron contratiempos en tales actividades y por consiguiente, un incremento en el costo de ellas, ya que muchas de dichas eventualidades pudieron tal vez, haber sido previstas, por lo que el proyecto debió haber sido terminado antes de tiempo y -también tal vez- a menor costo. Lo anterior implica un minucioso análisis que englobe separadamente todos y cada uno de los recursos que intervienen en el proyecto, como los que se mencionan en los siguientes puntos.

#### 6.7.1. RECURSOS HUMANOS.

¿El rendimiento de los trabajadores es el que se esperaba? Un rendimiento promedio en algunas empresas privadas de la rama automotriz (obtenido estadísticamente por este ponente, sin que haya sido mediante un estudio exhaustivo), fue de aproximadamente 67%, mientras que en la Compañía de Luz, en áreas del mismo tipo (talleres automotrices), fue de aproximadamente 55%. Es decir, que de 8 horas que debían laborar por día, en la industria privada efectivamente lo hacían 5.36 horas, mientras que en la Compañía de Luz lo hacían 4.4 horas. Estos son tiempos efectivos a considerar en un proyecto, a los que habrá que agregar algunos tiempos muertos, que por su naturaleza, son necesarios.

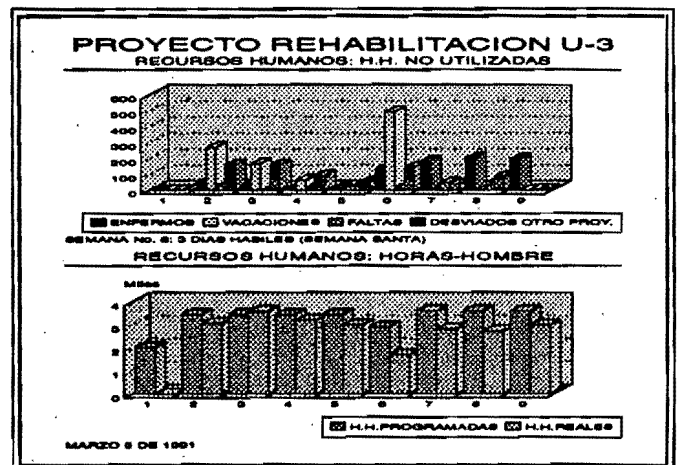


FIG.6.13.- RECURSOS HUMANOS: HORAS HOMBRE POR SEMANA.

Cuando un trabajador se enferma, de no ser gravemente, puede llegar a faltar hasta 3 días seguidos, amparados por el comprobante del Instituto Mexicano del Seguro Social -esto no quiere decir que la posición administrativa sea contraria al reposo y total restablecimiento del trabajador enfermo-, por lo que el costo de estas ausencias repercutirán en el proyecto ( considerando el caso de un trabajador incapacitado durante 3 días), ya que de 48 horas que debería laborar en una semana, por ejemplo, lo haría efectivamente durante 14.4 (considerando un rendimiento de 60%) y deberán pagarsele 56 horas, por el descanso semanal.

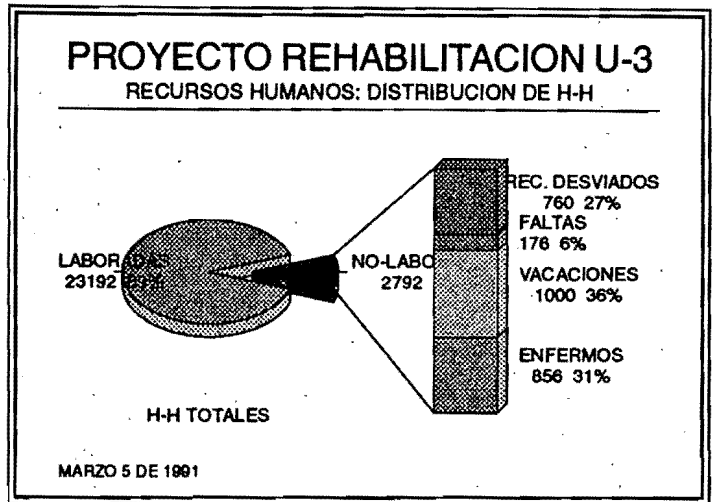


FIG.6.14.- DISTRIBUCION PORCENTUAL DE HORAS-HOMBRE.

**6.7.1.1. PRODUCTIVIDAD.**

La economía reconoce la división de recursos físicos y recursos humanos.

Los recursos físicos comprenden los componentes materializados disponibles, tales como:

Materias primas, maquinaria y dinero.

Los recursos humanos comprenden:

Todos los atributos de la fuerza de trabajo, disponibles, para la producción de bienes y servicios.

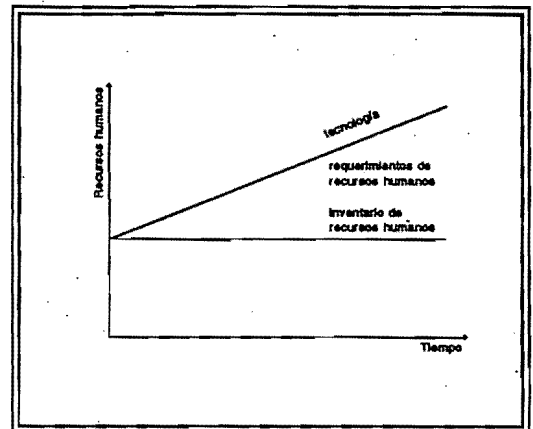


FIG.6.15.- PLANEACION DE RECURSOS HUMANOS.

Algunos autores de economía sostienen que el desarrollo económico de los países depende en gran parte de la capacitación de sus hombres y de los factores que contribuyen al mejoramiento continuo de la misma, en beneficio del individuo y de la sociedad a la que pertenece (Schultz, Theodore W. "Investment in human capital", American Economic Review, vol 51, 1961).

La economía trata de enfatizar el acervo de riqueza representada por el conjunto de facultades disponibles para la producción de bienes y servicios necesarios para la satisfacción de múltiples necesidades de la población de ese país; y si una parte significativa de tal conglomerado cuenta con habilidades y conocimientos en un alto nivel, es de esperarse también un alto nivel de producción; pero si esto sucede a la inversa y una parte significativa de la población es analfabeta y carece de las habilidades más elementales para realizar trabajos manuales, por ejemplo, es de esperarse también un bajo nivel de producción y un bajo índice de bienestar y riqueza de la población. Esta es una de tantas diferencias que distinguen a un país desarrollado de uno subdesarrollado.

Administrativamente, se puede suponer, entonces, que la efectividad de una organización depende de la calidad de sus recursos humanos. Si estos cuentan con altos índices de habilidades y conocimientos, se puede esperar un alto índice de productividad; por lo contrario, si carece de elementos capaces, se puede esperar que los esfuerzos por alcanzar las metas sean infructuosos.

Es necesario aclarar que la producción es una combinación de recursos físicos y humanos y de la habilidad de coordinarlos (Administración integral a un solo objetivo), que influyen en el nivel de productividad.

Un individuo mejorará su productividad, en la medida en que aplique habilidades y conocimientos adquiridos.

Existen tres razones por las cuales los economistas sostienen la necesidad de incluir a los seres humanos en el concepto de capital:

- a). el costo de desarrollo y educación de los sujetos es un costo real.
- b). el producto de su trabajo se suma a la riqueza nacional.
- c). una erogación en un ser humano que incrementa este producto, incrementará (si todas las demás situaciones permanecen igual), la riqueza nacional.

Un análisis marginal del concepto de inversión en la educación a un nivel determinado, sería el de un individuo que obtiene un determinado ingreso o salario (en promedio); si desea obtener un ingreso mayor, puede optar por incrementar en términos generales su educación, sus habilidades y conocimientos por lo cual incurrirá en algunas erogaciones de inversión (colegiaturas, libros, costos de oportunidad, etc.), con la esperanza de incrementar su ingreso. Este incremento marginal deberá ser superior al incremento marginal de la inversión, pues no tendría ningún caso (por lo menos en el sentido económico), invertir una suma igual o inferior.

Muchos proyectos fracasan porque a veces se considera ilimitada la existencia de recursos humanos, o compuesta de las características (habilidades, conocimientos, etc.), demandadas por el proyecto. Si este requisito no se cumple; o bien, si no existen posibilidades de incrementar los recursos en términos económicos, en un plazo determinado, no vale la pena poner en marcha el proyecto de que se trate.

Debe entenderse que lo humano no puede ser, definitivamente, un bien, objeto de propiedad; ni siquiera lo pueden ser, en cierto modo, los conocimientos y habilidades del individuo; pues el pago que de ese acervo se realiza al través de las erogaciones llamados sueldos o salarios, no es por la posesión de tales conocimientos y habilidades, sino por su aplicación a la producción.

Cuando conocimientos y habilidades se liberan del individuo y son consumidos como energía, como fuerza creadora o intelectual, dentro de cualquier actividad comprendida en la producción de bienes y servicios, el resultado se denomina "trabajo".

El pago al factor trabajo implica, indudablemente, el aprovechamiento de los conocimientos y habilidades del individuo, pero no su propiedad, sin garantizar, por parte de éste, su aplicación eficaz, consciente o inconscientemente, de conformidad o inconformidad con la empresa y sus objetivos, o su armonía o discordancia con la dirección general, o con el jefe o supervisor inmediato.

### 6.7.1.2. AUDITORIAS.

La auditoría sobre recursos humanos es un examen objetivo, minucioso y lógicamente fundado, de los objetivos, las políticas, los sistemas, los controles, la aplicación de recursos y la estructura de la organización que tiene a su cargo la responsabilidad de los recursos humanos, por lo que constituye un instrumento de la función de control.

### 6.7.1.3. INDICES DE ROTACION.

Se entiende por rotación, el ingreso y el egreso de personas en la organización. Un alto porcentaje de rotación, es síntoma de problemas. La rotación es costosa, debido al reclutamiento, selección, entrenamiento, etc.

Puede calcularse por las siguientes fórmulas:

$$R = (B/N) * 100 \quad (6.15.)$$

$$R = ((B - I)/N) * 100 \quad (6.16.)$$

donde:

R = Índice de rotación en %.

B = Número total de bajas.

N = Promedio de personas en nómina, en el período considerado.

I = Número inevitable de bajas (muerte, reducciones de personal, etc.).

### 6.7.1.4. INDICES DE AUSENTISMO.

Cuando el personal deja de asistir a sus labores, abre huecos en el flujo de trabajo, que pueden ocasionar graves consecuencias. El ausentismo puede deberse a varias razones: enfermedades, accidentes de trabajo, permisos, faltas injustificadas, etc. (véanse las figuras 6.13. y 6.14.), puede calcularse por:

$$\text{Gravedad del ausentismo} = \frac{(\text{Días-hombre perdidos} * 1000)}{(\text{Días-hombre perdidos} + \text{Días-hombre trabajados})} \quad (6.17.)$$

$$\text{Frecuencia} = \frac{(\text{Casos de frecuencia} * 100)}{(\text{Número de trabajadores})} \quad (6.18.)$$

$$\text{Ausentismo} = \frac{(\text{Número de ausencias} * 100)}{(\text{Número de trabajadores} * \text{Días laborados por toda la organización})} \quad (6.19.)$$

Entiéndase en estos casos "organización", como todo el personal dedicado al proyecto.

### 6.7.1.4. RETARDOS.

Los retardos pueden deberse a problemas de transporte o frustraciones, etc. La fórmula para obtener este índice, es:

$$\text{Índice de retardos} = \frac{\text{Número de retardos}}{\text{Número de trabajadores} * \text{Días trabajados por toda la empresa} - \text{Número de ausencias}} \quad (6.20.)$$

Especialmente en lo referente a la conducta humana, todos tendemos a sentirnos expertos. Muchas personas se dicen "psicólogos prácticos"; pero la administración de los recursos humanos de la organización, no puede, ni debe basarse en corazonadas, creencias o prejuicios; por lo contrario, debe estar fincada en un proceso lógico, es decir, científico.

Otros factores, por considerar sólo algunos como ejemplo, serían los riesgos de trabajo por desacato a las normas de seguridad e higiene, baja capacidad, por desconocimiento o impreparación, desacato o rebeldía a las órdenes superiores (aunque no sea frontal), etc...

### 6.7.2. RECURSOS MATERIALES.

Aquí es conveniente hacer una separación para una mejor comprensión del tipo de eventualidad.

Equipo mecánico y herramienta suficiente, que pueda cubrir los requerimientos del personal, sin interferirse unos a otros en sus actividades, debido a que alguno necesita un equipo o herramienta específico que otro está en ese momento usando.

Equipo y herramienta adecuados al tipo de trabajo a efectuar, sin tener que adaptarlos a alguna labor o trabajo que requiere de otro tipo. Equipo obsoleto que hace lentos los trabajos etc...

Materiales de algún tipo o aleación especial de los que no se previó su existencia en la bodega o almacén y que se pretenden adquirir en el momento en que se requieren y que además se adquieren por tal motivo en exceso.

Materiales que por un ahorro mal entendido, se adquirieron de baja calidad. Como un ejemplo muy sencillo, entre muchos y muy variados, es el de limpiar un metal pulido con estopa de baja calidad, la que llega a contener rebabas, rayándolo, o que un trabajador al pretender limpiarse las manos de grasa, aceite o polvo, se corte, etc...

### 6.7.3. RECURSOS ECONOMICOS.

Finalmente, la pretensión de todo proyecto es una administración adecuada de los Recursos

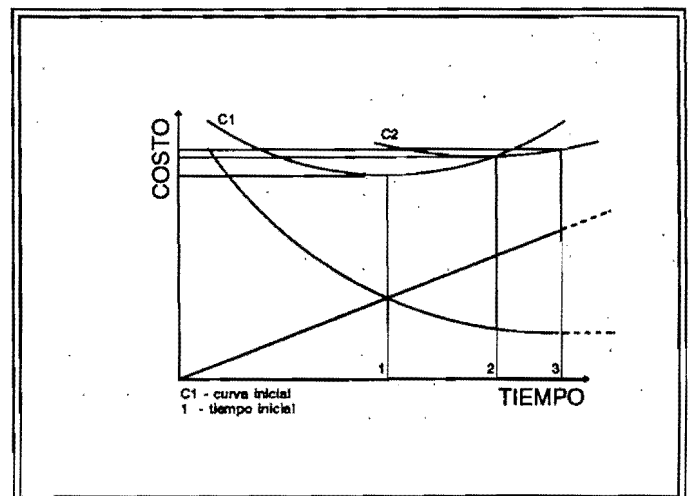


FIG.6.16.- CURVAS DE COSTO Y SUS DESVIACIONES.

Económicos, ya que generalmente éstos se mueven alrededor del punto óptimo, desplazándose a otra curva (como se aprecia en la figura 6.16.), en la que se busca nuevamente apegarse al punto mínimo, alrededor del cual se vuelven a despegar los costos y se continúa así hasta terminar el proyecto. Por tal motivo se hace necesario un análisis detallado de su utilización, ayudándose con las gráficas de presupuesto y gastos realizados, Eficacia de costos e Índice Situacional, las que pueden como ya se dijo, hacerse por área, incluso por labor general, mano de obra especializada, supervisión de los cabos y sobrestantes y supervisión del ingeniero o el especialista, para conocer en qué rubros se gastó en demasía. Podría ocasionalmente ser mayor el gasto por concepto de supervisión que el de mano de obra. Es por lo anterior, por lo que se requeriría establecer las proporciones que pueden erogarse. Por conceptos de materiales es conveniente analizar si la adquisición de éstos fue con el proveedor que ofreció el material con las especificaciones solicitadas y al menor costo.

#### 6.7.4. ANALISIS DE SENSIBILIDAD.

En el cálculo de los costos, al término del análisis de la ruta crítica del proyecto, se consideraron un tiempo mínimo, uno promedio y otro máximo. Dicho cálculo de costos del que se trató en el capítulo 3, se hizo en base al promedio, debiendo calcularse también para los tiempos mínimo y máximo, para analizar los valores entre los que se encontrará el costo del proyecto en estudio.

El cálculo de las desviaciones en el tiempo, desde el inicio, hasta la terminación del proyecto, nos da una pauta para calcular tanto el costo mínimo, como el máximo a invertir en él. Por tanto, es conveniente para evitar grandes desviaciones en los costos, en base a ellas, efectuar un análisis de sensibilidad, que auxiliará:

- 1). indicando la necesidad de la exactitud de los datos y del modelo que se utiliza.
- 2). informando al administrador cuanto puede desviarse de la solución óptima, antes de que puedan causarse costos excesivos.

Los costos de operación en periodos futuros de tiempo (y otros semejantes), casi siempre son combinaciones de valores estimados y datos históricos promediados.

Es de hacer notar, que en la práctica generalmente es imposible valorar completamente todas las variables que contribuyen a la función objetivo. Debido a ello, deben hacerse suposiciones que simplifiquen y provean un modelo de decisión práctico y útil. El análisis de sensibilidad, desde el punto de vista del administrador, puede emplearse para determinar un intervalo administrativo de operación. Este intervalo que consideraremos en el siguiente análisis, está entre  $\mu - \sigma$  y  $\mu + \sigma$ .

La **FUNCION OBJETIVO** es una expresión cuantitativa de los valores que deben optimizarse, siendo deseable minimizar en un proyecto, el costo total, tiempo ocioso y mano de obra. Tal función generalmente como se ilustra en la figura 6.17., es una combinación de términos crecientes y decrecientes (es decir, la suma de dos curvas: una recta creciente y una hipérbola decreciente):

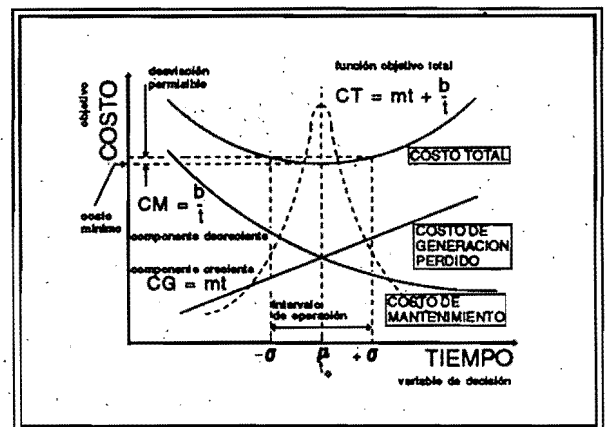


FIG.6.17.- CURVAS DE COSTO Y DESVIACIONES PERMISIBLES.

$$CT = mt + b/t \quad (6.21.)$$

Obteniendo la primera derivada respecto a t e igualandola a cero, se obtiene:

$$t_0 = \pm (b/m)^{1/2} \quad (6.22.)$$

sustituyendo (6.22.) en (6.21), obtenemos:

$$C_0 = 2(mb)^{1/2} \quad (6.23.)$$

si  $t = wt_0$ , donde  $w \geq 0$

y sustituyendo en (6.21.)

$$CT = m(wt_0) + b/wt_0$$

desarrollando y simplificando:

$$CT = (mb)^{1/2}(w + 1/w) \quad (6.24.)$$

ahora bien, si  $t = t_0 \pm \sigma$ , entonces:

$$t_0 \pm \sigma = wt_0$$

$$w = 1 \pm \sigma/t_0 \quad (6.25.)$$

$t_0$  equivale a  $\mu = (1/6)(a + 4m + b)$ , del parrafo 3.1.3., y  $\sigma = (1/6)(b - a)$ .

para el límite inferior:

$$w = \sigma/t_0$$

para el límite superior:

$$w = -\sigma/t_0$$

La ecuación (6.24.) puede expresarse mediante la relación de sensibilidad  $CT/C_0$ , k:

$$CT/C_0 = k = (mb)^{1/2}(w + 1/w)/2(mb)^{1/2}$$

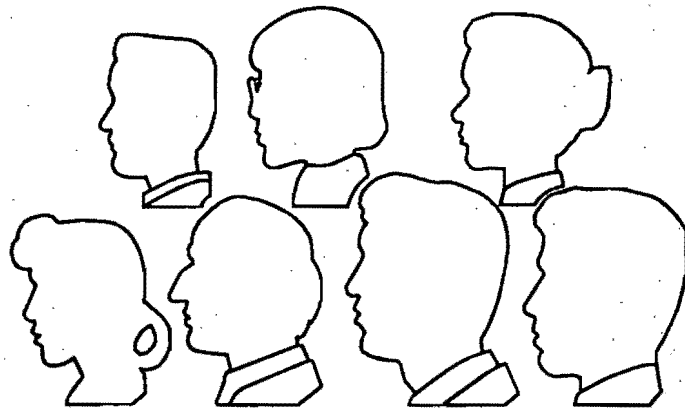
por lo que obtenemos:

$$k = 1/2(w + 1/w) \quad (6.26.)$$

Las cantidades y costos de materiales consumidos por las diferentes áreas deberán quedar como antecedente para efectuar proyectos similares.

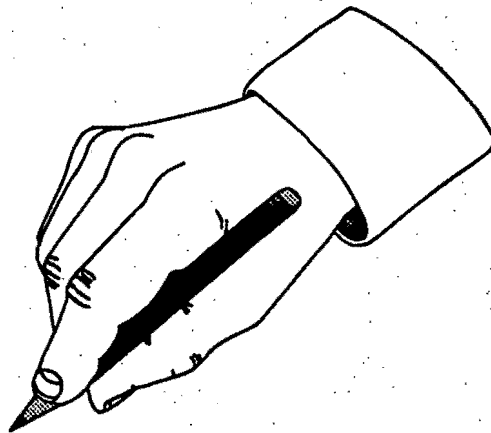


Aunque mucho puede decirse sobre los análisis diversos y su utilidad en los proyectos, se pretende sin embargo, únicamente dar la idea de lo que podría hacerse para llevar adecuadamente su control, pudiendo incluso a desarrollarse sistemas que hagan aún más perfectible cada Gestión de Proyectos de Mantenimiento.



## **CAPITULO 7**

# **SELECCION Y CONTRATACION DE PERSONAL**



---

# CAPITULO 7

---

## **7.0. SELECCION Y CONTRATACION DE PERSONAL.**

### **7.1. EMPRESAS GENERADORAS Y COGENERADORAS.**

El 7 de Diciembre de 1989, en la sala de la cámara de diputados del H. Congreso de la Unión, se firmó el "PROYECTO DE DECRETO QUE REFORMA LA LEY DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA" por la Comisión de Energéticos, en el que se propone la reforma del artículo 4o. transitorio de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, que se refiere al proceso de disolución y liquidación de las empresas concesionarias que prestan el servicio de energía eléctrica. El 5 de Noviembre de 1992, la Corte de Justicia de Ontario, Canadá, emitió una sentencia ordenando que la Mexlight (antigua compañía de luz), "sea y por presente quede disuelta en tal fecha".

Con esto se liquidan finalmente la Compañía de Luz y Fuerza del Centro S.A. y Asociadas (que estaban en este proceso desde el año de 1975) y se dispone por el Ejecutivo Federal la constitución de un organismo descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propios, el cual tendrá a su cargo la prestación del servicio de energía eléctrica que proporcionaban las compañías citadas.

Este nuevo organismo llamado Luz y Fuerza del Centro, al igual que la Comisión Federal de Electricidad, generará, transmitirá, distribuirá, y venderá energía eléctrica. Por tal motivo, se conserva el contrato colectivo entre la Compañía de Luz y el Sindicato Mexicano de Electricistas y se mantiene también el celebrado entre la Comisión Federal y el Sindicato Unico de Trabajadores Electricistas de la República Mexicana. A la vez, las empresas que tengan un sistema de cogeneración, probablemente tendrán celebrado un Contrato Colectivo de Trabajo con algún sindicato, por lo que será necesario tener muy en cuenta en un proyecto de mantenimiento dichos contratos colectivos y de existir, los convenios departamentales y la definición de labores cuando se empiece a trabajar con la SELECCION Y CONTRATACION DE PERSONAL. Las dificultades que se originan con motivo de la administración de salarios son de gran importancia en la dirección de cualquier empresa o industria, por lo que se agrupan en problemas que están estrechamente relacionados con la dirección de personal y en problemas que caen dentro del campo de la contabilidad (siendo únicamente los primeros los que aquí se considerarán).

### **7.2. LOS COSTOS POR MANO DE OBRA Y LOS SALARIOS.**

En la generalidad de las empresas los costos por mano de obra constituyen una parte importante de los costos totales erogados. Es conveniente, por tanto, que sean mantenidos dentro de unos límites razonables o de valores predeterminados de acuerdo a la empresa. Lo anterior se logra mediante la preparación por adelantado de presupuestos de gastos distribuidos por departamento y subdivididos en secciones y centros de trabajo. El

El costo verdadero de la mano de obra se compara periódicamente con el costo presupuestado, como ya se ha mencionado en un capítulo anterior.

Es importante proporcionar informes del costo a todos los jefes que, en cualquier forma, son responsables de tales costos de mano de obra. Los informes, si son suficientemente detallados, no solamente permitirán a estos directivos observar cuándo los costos se salen de lo normal, sino que ayudarán también a descubrir las causas que originen gastos excesivos. El exceso de costo de la mano de obra puede ser producido:

por haber designado a obreros bien pagados para realizar trabajos que deben ejecutar obreros de menor sueldo;

porque hay operarios que permanecen sin hacer nada entre dos tareas sucesivas;

o por que se pide a los obreros que trabajen horas extraordinarias con un crecido porcentaje de pago.

Lo anterior sería innecesario con un buen planeamiento del trabajo.

Los problemas más importantes que se originan con motivo de la administración de los salarios -que también son aspectos de las relaciones industriales- son los siguientes:

1. Con objeto de mantener la moral del empleado, los sueldos y "jornales" (de haberlos), deben ser equitativos; es decir, la remuneración de los obreros debe estar de acuerdo con la importancia de sus trabajos y con su valía como individuos. Para asegurarse de que se hace así, se utilizan, como bases esenciales, el análisis y la valoración de los trabajos realizados, la clasificación por méritos y los sistemas de salario con estímulo. Desde luego, los planes de salarios empleados deben ser tales que tiendan continuamente a mejorar la eficiencia de los obreros. Los sistemas de estímulo se establecen más frecuentemente para conseguir este propósito que para mejorar directamente la moral; pero tales sistemas bien manejados, pueden ser también importantes motivadores y creadores de moral.

2. La política y métodos de sueldos de la empresa deben mantenerse a un nivel tan alto como lo permitan las circunstancias, y los salarios que se paguen a los diferentes obreros deben guardar alguna relación con los pagados en la localidad y, de ser posible, en la misma industria. A este fin, los jornales de la compañía deben revisarse y compararse con los de otras empresas (LyFC, CFE), a intervalos regulares de tiempo. En tales comparaciones son esenciales el análisis y la valoración de trabajos.

No debe esperarse que los salarios para la misma clase de trabajo sean idénticos en todas las empresas de un distrito o de una industria. La situación financiera de muchas empresas es tal que les es indispensable pagar salarios más bajos que los tipos acostumbrados, si quieren continuar existiendo. En ocasiones puede que los obreros acepten tipos bajos de salario antes de sufrir los inconvenientes y gastos que supone el cambiar de lugar de trabajo.

3. Los salarios se fijan con mucha frecuencia, por medio de un contrato colectivo; es decir por negociaciones entre la dirección y los representantes de los sindicatos. El tratar con estos últimos es, por tanto, una función que compete frecuentemente a la Administración de los salarios. El Contrato Colectivo prevé generalmente, que los tipos básicos de salarios deben alterarse de cuando en cuando a causa de los cambios producidos en las condiciones de la empresa o en el costo de la vida. Los cambios en los tipos de

tipos de salarios realizados por estas razones son claramente diferentes de aquellos que son el resultado directo de la valoración de los trabajos o de la clasificación por méritos.

Muchas personas confunden el análisis de los trabajos con el estudio de los movimientos y de los tiempos. Sin embargo, las dos técnicas tienen su origen en diferentes aspectos industriales y distintas en su función. La valoración de los trabajos y la clasificación por méritos son productos del mismo desarrollo que originó el análisis de los trabajos.

Estudio de los movimientos quiere decir: descomposición de las operaciones realizadas por los obreros en sus elementos fundamentales, así como estudio de los puestos de trabajo donde se realizan esas operaciones. El propósito del estudio de los movimientos es descubrir:

- a). El menor número de movimientos indispensables para realizar un trabajo y el orden más adecuado en que han de ejecutarse,
- b). La mejor disposición de los materiales, herramientas, recipientes y espacio en los puestos de trabajo.

En su mayor parte, el estudio de los movimientos y de los tiempos es solamente posible de aplicar en el caso de trabajos que se repiten. El análisis de los trabajos también requiere un estudio detenido de éstos. Sin embargo, no se hace el examen para saber cómo pueden ejecutarse mejor sino:

- a). Para obtener descripciones que permitan a las personas, quienes dirigen a los obreros, sin estar familiarizadas con los trabajos, entender su naturaleza en general.
- b). Para descubrir las características que deben poseer los obreros, si las operaciones han de realizarse satisfactoriamente.

El análisis de los trabajos es aplicable tanto al trabajo que se repite como al que no, y siempre precede a la valoración de los mismos; éstos no pueden ser clasificados satisfactoriamente mientras no se disponga de especificaciones exactas.

En las empresas industriales se están introduciendo constantemente nuevos trabajos y los antiguos cambian con frecuencia su contenido. Por esta razón, conviene adoptar planes que atiendan no solamente a la implantación del análisis de los trabajos y a la de su valoración, sino también a su realización de un modo permanente. Como el propósito del análisis y de la valoración de los trabajos, así como de la clasificación por méritos, es mejorar el modo de trabajar de los obreros y crear y mantener la moral de éstos por medio del pago de salarios equitativos, se debe suponer que esas actividades, después de haberse establecido con éxito, quedarán asignadas de un modo permanente al departamento de personal. Existen varias asociaciones gremiales, sindicatos, organismos gubernamentales y otras instituciones, que han preparado definiciones y descripciones para dar la necesaria información sobre los trabajos que se realizan en industrias o localidades determinadas.

Cualquier jefe que tiene directamente a su cargo un número determinado de obreros, y que hace propuestas de aumento de salarios y ascensos, debe entender por completo todas las prácticas relativas a tales salarios y colocación de personal de su compañía, pues tal conocimiento le permitirá utilizar hasta el máximo las facilidades dadas por los departamentos de personal.

Es importante para los altos directivos de la industria, una comprensión perfecta del análisis de los trabajos y de la clasificación por méritos. Los problemas de las relaciones laborales figuran hoy entre los asuntos más importantes a los cuales deben dedicar toda su atención los directores. Todo cuanto contribuya a mejorar las relaciones entre los obreros y los patronos debe ser conocido por los altos directivos.

El empleo de las descripciones de los trabajos consiste en indicar las relaciones que existen entre éstos, y por tanto, ayudar a la construcción de gráficas de ascenso.

No es aconsejable que los ascensos los reciban siempre los empleados de los departamentos donde se producen las vacantes, sino que conviene tomar en consideración a todos los que poseen las cualidades necesarias para desempeñar los puestos vacantes.

El estudio de las descripciones de los trabajos hará posible la preparación de gráficas de ascenso que indiquen todos los puestos que pueden aspirar a cubrir una plaza mejor, cuando se produzca la vacante.

Los técnicos y los obreros en particular, deberán comprender que el objetivo del análisis de los trabajos y de la valoración de los mismos es diferente de la finalidad del estudio de los movimientos y de los tiempos. El objeto principal de dicho análisis no es aumentar la eficacia del personal para reducir así los costos unitarios, sino mejorar las prácticas de la colocación de personal y establecer salarios equitativos. Es generalmente sabido que a la larga, las prácticas que elevan la moral de los obreros, aumentarán también su eficacia.

Las descripciones de los trabajos, preparadas como resultado del análisis de éstos, deben ser uniformes, exactas y completas.

### **7.3. LA PREPARACION DE LAS DESCRIPCIONES DE TRABAJOS.**

El mayor problema que se ofrece en la preparación de las descripciones de los trabajos es el de conseguir los datos precisos para llenar los formularios. Los métodos empleados para asegurarse la información necesaria dependen de la experiencia de las personas asignadas a esta tarea, de su conocimiento de los trabajos realizados en la compañía, de la variedad y complejidad de tales trabajos y de las divisiones de la empresa en que se ejecuten los mismos.

Excepto en el caso de los altos cargos, comúnmente los mejores resultados se obtendrán si quienes son responsables de la preparación de las descripciones de los trabajos interrogan personalmente a los obreros, cuando es necesario, observan las tareas durante su realización. Los trabajos que varían, sólo ligeramente en contenido, deben ser considerados en principio como diferentes, porque lo que parece solamente ser una ligera variación puede tener mucha importancia para la contratación de los obreros o para la clasificación de los trabajos.

Los jefes de sección también deben ser interrogados sobre los trabajos que se realizan bajo su mando.

En las empresas donde hay muchas clases de trabajos, las descripciones que se preparen deben ser suficientemente detalladas, para mostrar claramente las operaciones que comprenden aquéllos, las obligaciones y responsabilidades que se deriven de los mismos, las condiciones en que se realizan y los requisitos mínimos que deben cumplir.

Hay que tener presente que la información requerida para preparar las descripciones de los trabajos es, en parte, obtenida de datos reales, y en parte también, es cuestión de apreciación, lo que ejerce algún efecto sobre la reunión y manejo de los datos relativos a los trabajos.

Al procurarse datos con los cuales se pretenda redactar una descripción de un trabajo repetido, todo cuanto puede ser necesario es relacionar sus distintas etapas y operaciones sucesivas, y posiblemente indicar los métodos, procesos, herramientas y equipos empleados para su ejecución. En cambio cuando se trata de un trabajo que no se repite, las obligaciones del empleado deberán ser aprendidas y clasificadas de alguna forma sistemática, tal como la regularidad y frecuencia de su realización; por ejemplo:

Obligaciones realizadas cada día, cada semana, cada mes, cada trimestre y al final de cada año.

Obligaciones realizadas irregularmente, pero con frecuencia.

Obligaciones realizadas irregularmente y a largos intervalos.

Los datos relativos a los requisitos de los trabajos: educación, experiencia, fuerza, responsabilidad y otras cualidades necesarias, para realizarlos satisfactoriamente, son en gran parte materia de apreciación, y por tanto, aun en el caso de trabajos que se repiten, conviene corrientemente, informarse con varias personas que los conozcan bien y analizarlos, cuidadosamente, antes de aceptarlos como buenos.

Es conveniente antes de continuar, anotar algunos conceptos desde el punto de vista económico:

### 7.3.1. DEFINICION DE CONCEPTOS.

tasa salarial es la que se refiere a las percepciones que obtiene la fuerza laboral por unidad de tiempo (h, día, etcetera). La tasa salarial dividida entre el índice de precios da la tasa real del salario o poder de compra real.

El nivel de los salarios reales dependerá de la productividad de la fuerza de trabajo.

La oferta de fuerza de trabajo del mercado depende de la magnitud de la población, de la proporción entre población y fuerza laboral, del estado de la economía (como auge o recesión) y del nivel de los salarios reales.

La tasa de equilibrio competitivo del salario real se determina en la intersección de las curvas de la oferta y de la demanda de fuerza de trabajo en el mercado (figura 7.1).

Cuando se trata de una compañía única o dominante en un mercado local pequeño, tiene un poder monopólico que recibe el nombre de **monopsonista**, la cual se enfrenta a una curva de oferta de fuerza laboral en el mercado, ascendente, lo que indica que tiene que

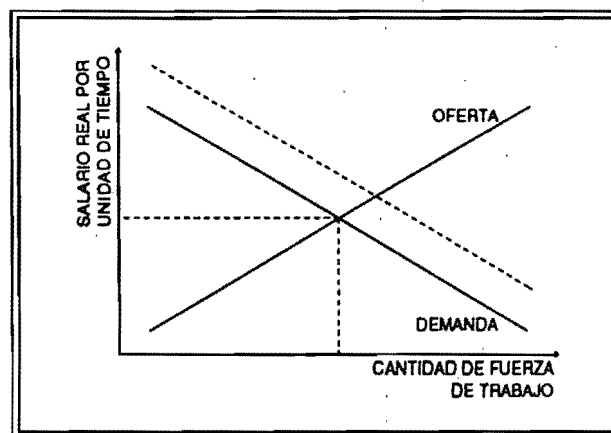


FIG.7.1.- DEMANDA Y OFERTA DE FUERZA DE TRABAJO.

pagar salarios mayores si quiere contratar a más personal.

**7.3.2. LA COMPETENCIA PERFECTA EN LOS MERCADOS DE TRABAJO.**

Esta forma de mercado (figura 73.), es básicamente ideal, teórica, muy difícil de darse en la realidad; supone la existencia de libertad, tanto de oferta de trabajo, como de contratación, e implica, a un número considerable de personas que ofrecen su trabajo, pero también una diversidad de puestos vacantes, en diversas unidades económicas, capaces de absorber el trabajo ofrecido. Este es un caso de mercado de carácter temporal, difícil de darse en nuestros días.

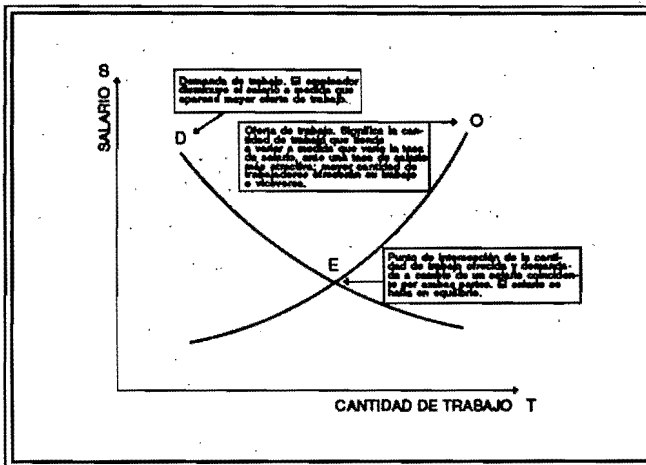


FIG.7.2.- DEMANDA Y OFERTA DE FUERZA DE TRABAJO.

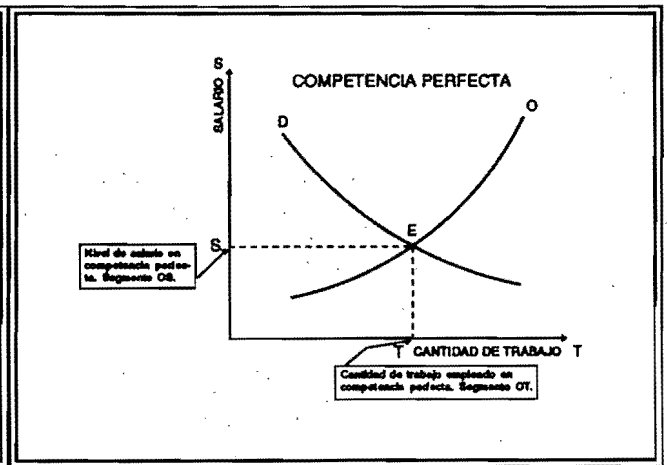


FIG.7.3.- COMPETENCIA PERFECTA.

**7.3.3. LA COMPETENCIA IMPERFECTA EN LOS MERCADOS DE TRABAJO.**

Dada la escasez de competencia cien por ciento perfecta, lo normal es que exista cierto poder en las formas siguientes:

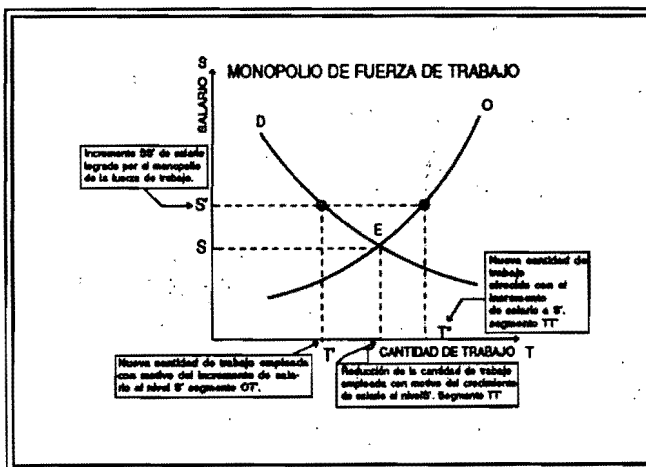


FIG.7.4.- MONOPOLIO DE FUERZA DE TRABAJO.

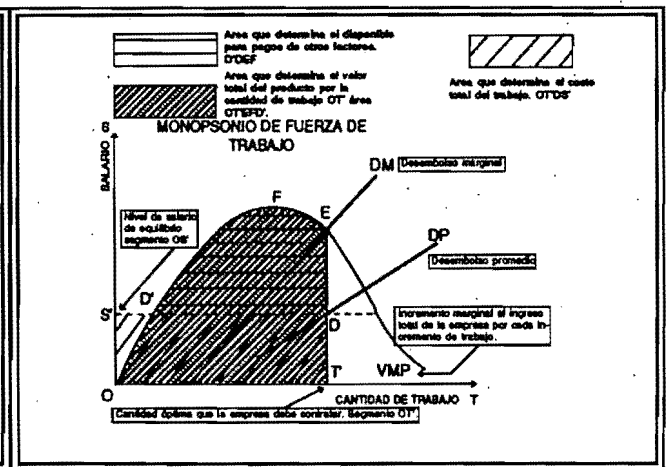


FIG.7.5.- MONOPSONIO DE FUERZA DE TRABAJO.



**7.3.3.1. EL MONOPOLIO EN LA FUERZA DE TRABAJO.**

Esta clase de mercado (figura 7.4.), existe cuando, bajo coacción se ofrecen los servicios de trabajadores. Este caso ocurre por la existencia de organizaciones sindicales poderosamente agresivas ante diversos contratadores individuales. Aunque no es muy frecuente, existe, como en el caso de los sindicatos de estibadores en algunas partes del mundo, en el que éstos fijan, o son capaces de fijar diversas condiciones de trabajo, estando entre ellas el salario que deben percibir los trabajadores agremiados.

**7.3.3.2. MONOPSONIO DE LA FUERZA DE TRABAJO.**

En este caso (fig. 7.5.), la curva DP (Desembolso Promedio) representa la oferta de trabajo. El punto de intersección E, de las curvas VMP y DM señala la cantidad óptima de trabajo que la empresa debe contratar, pero el nivel de salario está más abajo, en el punto de intersección D con la curva de Desembolso Promedio.

En la fig. 7.6., se muestra un caso similar al anterior, con respecto al monopsonio de la fuerza de trabajo, en el que existe un incremento al nivel de salario que puede proceder de dos fuentes: una, el esfuerzo de la empresa monopsoníca por evitar la organización sindical de la fuerza de trabajo, y dos, como resultado de existir o haberse organizado un sindicato, y haber logrado el incremento de salario. En ambos casos la elevación del salario tiende a alcanzar un nivel ocupacional más alto.

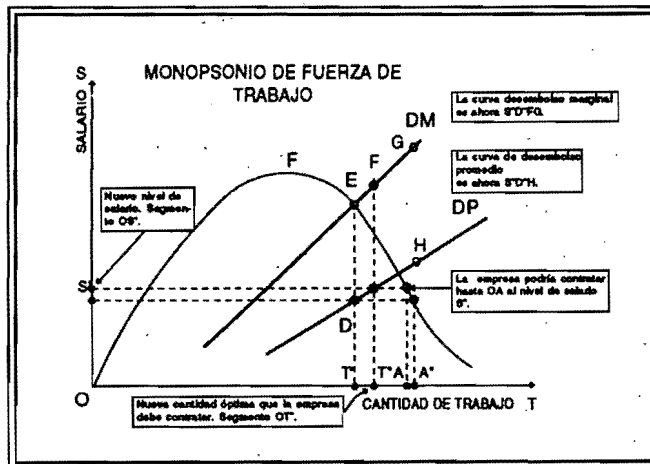


FIG.7.6.- MONOPSONIO DE FUERZA DE TRABAJO.

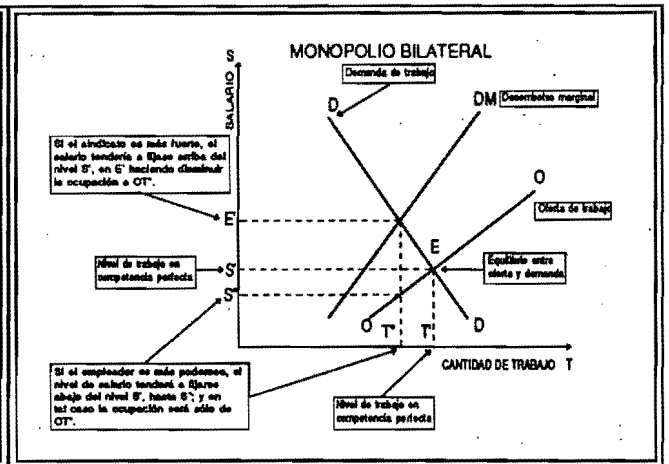


FIG.7.7.- MONOPOLIO BILATERAL.

**7.3.3.3. EL MONOPOLIO BILATERAL EN LA FUERZA DE TRABAJO.**

Esta es una forma de trabajo (figura 7.7.) en que tanto la oferta del mismo como la demanda, son regulados por dos organizaciones contrapuestas, en cuanto a los términos en que el empleo de la fuerza de trabajo se determina y administra. Se da este caso, cuando un sindicato fuerte, "abastece" de trabajadores a una poderosa empresa, a grado tal que la determinación y administración de las condiciones del trabajo se desarrollan, de los dos lados (empresa y sindicato), en circunstancias de equilibrio de fuerzas.

### 7.4. INFLUENCIA DE LOS SINDICATOS SOBRE LOS SALARIOS.

Mientras que en los Estados Unidos de América del Norte tratan de incrementar los salarios en las siguientes tres formas que se anotan, en México se utilizan prácticamente las últimas dos:

En primer lugar, procuran aumentar la demanda de fuerza de trabajo acrecentando la productividad laboral, financiando la publicidad de productos fabricados por obreros sindicalizados e interviniendo ante el gobierno para que restrinja las importaciones. Este método es el más deseable, pero también el menos eficaz.

En segundo lugar, los sindicatos tratan de incrementar los salarios restringiendo la oferta de fuerza de trabajo a través de la imposición de altas cuotas de entrada y largos aprendizajes, imponiendo como requisito que el patrón sólo contrate a miembros del sindicato. Eso es lo que hacen los SINDICATOS DE OBREROS ESPECIALIZADOS (como los electricistas).

En tercer lugar, los sindicatos tratan de elevar las tasas salariales de una forma directa negociando con los patrones bajo amenaza de huelga. Este es el método más común y el que sobretodo usan los sindicatos industriales.

### 7.5. PLANEACION DE NECESIDADES DE RECURSOS PARA EL MANTENIMIENTO.

Normalmente las organizaciones se ocupan en la planeación a corto, mediano y largo plazo o de las inversiones, la construcción de fábricas, etc., olvidándose con frecuencia de la planeación adecuada de la actualización del potencial humano.

Deben evitar tales organizaciones el fracasar en las transiciones tecnológicas debido a la impreparación de su personal o a las actitudes, los conocimientos, el interés, etc., inadecuados para tales cambios.

Es necesario, entonces, ocuparse de la planeación de recursos humanos, al mismo tiempo que se hace con

los recursos materiales, económicos y técnicos, para evitar se presente una divergencia considerable, entre los requerimientos impuestos por las necesidades futuras de la organización y su existencia o inventario de recursos humanos. Esa divergencia puede frenar seriamente a la organización.

La planeación de recursos humanos debe basarse en datos que permitan tener una proyección de las necesidades futuras de la organización. Es necesario, por tanto, planear las necesidades de recursos humanos para el mantenimiento (con cuatro, ocho y hasta doce años de anticipación), basándolas en los planes de largo alcance de la compañía y en pronósticos de las tendencias en diseño de equipos. A partir de ello, se requiere elaborar una serie de curvas de

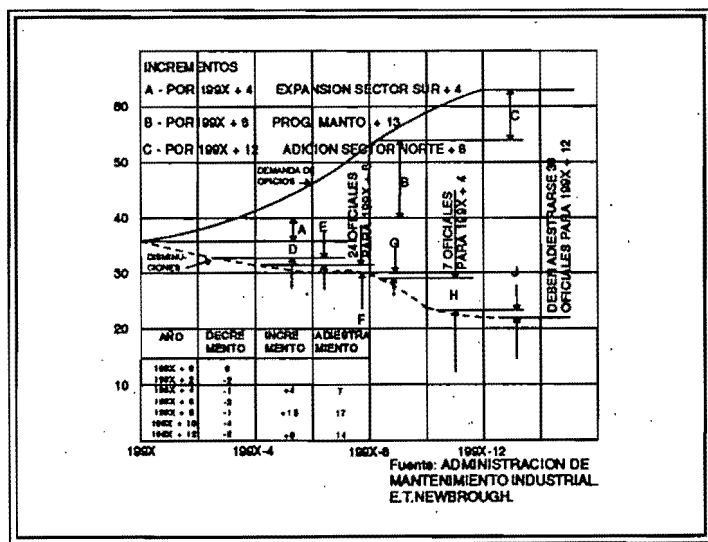


FIG.7.8.- PLANEACION DE NECESIDADES DE MANTENIMIENTO.

demanda. Posteriormente debe llevarse a cabo una protección de su fuerza de trabajo actual por oficios, tomando en consideración la edad y dejando un margen para renunciadas, con base en la experiencia anterior (sin olvidar la antigüedad), despidos, retiros anticipados, retiros normales y pérdidas por muerte (para esto se usan tablas actuariales). De la diferencia entre las curvas de recursos humanos actuales y las de demanda, se obtiene el adiestramiento organizado de candidatos que será necesario para reemplazar la capacidad disminuida por la pérdida de maestros oficiales, así como para distribuir trabajo adicional. Habrá que dejar un margen desde luego, para pérdidas en el grupo de aprendices y oficiales.

En la figura 7.8. (fuente: Administración de Mantenimiento Industrial, E. T. Newbrough) se representa una curva típica de demanda de trabajadores. El incremento proyectado para el año  $199X + 4$ , requerirá de cuatro oficiales adicionales (A en la figura). Cuatro años después (ocho años contando a partir del actual), se necesitarán trece trabajadores más para cubrir el "programa MANTO" planeado (B en la figura). En  $199X + 12$ , se requerirán ocho más (C); mediante esta planeación a largo plazo, se ha podido establecer una necesidad de 25 trabajadores expertos más. Suponiendo que no puedan conseguirse individuos preparados y con experiencia en el mercado de mano de obra para realizar el tipo de trabajo que se necesita, la única alternativa que queda, es adiestrar gente.

En muchas empresas y principalmente el sector eléctrico, se contrata personal que trabaja inicialmente en puestos de peón o de aprendices, los que, con el tiempo, son asignados a los oficiales como ayudantes, sino es que han sido contratados como tales. Estos ayudantes aprenderán prácticamente el oficio al lado de quien en tal asignación se convierte en su maestro. Cada ayudante-aprendiz captará las enseñanzas de los oficiales con sus costumbres y errores (por ignorancia o desconocimiento), omisión, falta de interés en sus labores o las tres cosas, por lo que debe considerarse de importancia primordial la preparación de programas de aprendizaje para los ayudantes y peones, y de actualización para los oficiales.

Los 25 trabajadores que se necesitarán en los siguientes 12 años, serán apenas un aspecto del problema. En ese mismo lapso se perderán elementos por concepto de jubilaciones y por separaciones (renunciadas, retiros anticipados y muerte), creándose además una necesidad de 13 trabajadores más (D, E, F, G, H y J en la figura 7.8.). Se requerirá, entonces, un total de 38 oficiales en los siguientes 12 años y no 25. Suponiendo en este caso que el programa normal de aprendizaje dura cuatro años, habrá que planear la contratación de por lo menos 7 aprendices actualmente, a efecto de cumplir con el programa de expansión establecido y reemplazar las pérdidas. Deberá tomarse en cuenta que, muchos de los que empiecen el adiestramiento no llegarán a completarlo, y habrá posiblemente algunas pérdidas al final del curso; el primer grupo debería estar compuesto con 10 y hasta 14 aprendices. Aun cuando se diera principio inmediatamente al adiestramiento, en el departamento faltarían dos hombres en el año próximo, debido a jubilación o separación.

A continuación, del primer grupo habrá que considerar de 24 a 34 aprendices en los siguientes cuatro años, a efecto de contar con los 17 oficiales preparados que se necesitarán dentro de ocho años a partir del actual.

Después de evaluar todos los puestos deberá procederse a establecer los valores de puntuación a cada grado de mano de obra.

Esto puede realizarse determinando la puntuación asignada a los puestos de más baja clasificación, así como a la de la más alta, dentro de la central, y dividiendo esta gama de puntuación entre nueve y doce categorías, que abarcarán todos los puestos, siendo el valor de puntos para cada puesto el que determine la categoría del mismo o grado de la mano de obra.

Por ejemplo: el empleo de más baja clasificación en la planta tiene 100 puntos y el más alto 500, entre ellos, una gama de 400 puntos. Si se considera conveniente tener un sistema de diez grados, la gama de valores de puntuación para cada grado será como se muestra en la tabla 7.1.

GRADO DE TRABAJO	GAMA DE PUNTUACION
10	461 - 500
9	421 - 460
8	381 - 420
7	341 - 380
6	301 - 340
5	261 - 300
4	221 - 260
3	181 - 220
2	141 - 180
1	100 - 140

TABLA 7.1.- GAMA DE VALORES DE PUESTOS.

Esta tabulación hace posible incluir en el futuro otras especialidades de excepcional habilidad al principio de la lista, sin alterar los grados ya numerados.

Es más ventajoso utilizar menos grados de mano de obra, en lugar de más.

Para un menor número de grados, será más sencillo trasladar hombres de un trabajo a otro. Esto también tiende a simplificar los problemas de nóminas de salarios. Cuando se hagan comparaciones con las tarifas de pago en otras empresas dentro del área en que se opera, es muy conveniente que se determine la escala completa, no sólo el salario correspondiente al puesto que se esté comparando. Esto permitirá hacer una evaluación de los diferenciales de pago por grado de trabajo.

La importancia de establecer desde un principio escalas de pago, concebidas con exactitud, se ve subrayada por el hecho de la rápida tasa de aumento en los salarios de los oficiales de mantenimiento, a través de los años.

### 7.6. TRAZADO DE TASAS DE SALARIO.

Una vez hechos los estudios conducentes, es posible preparar una gráfica de las tasas de salario comparadas con los puntos de evaluación asociados a cada tasa, estableciéndose una curva media, que permitirá examinar la gama de tasas pagadas en cada nivel.

La forma ideal que debe tener la línea media, puede ser parabólica, en algunos casos con objeto de que refleje exactamente el cambio de tasa, con aumento en los puntos asignados, o en su caso, podría recurrirse a una línea recta.

La figura 7.9. muestra como ejemplo una curva de salarios determinada graficando las tasas de salario y el grado de mano de obra.

Normalmente la estructura de salarios se fija de acuerdo con el sindicato, lo cual es fácil cuando los representantes de éste están familiarizados con el contenido esencial del plan.

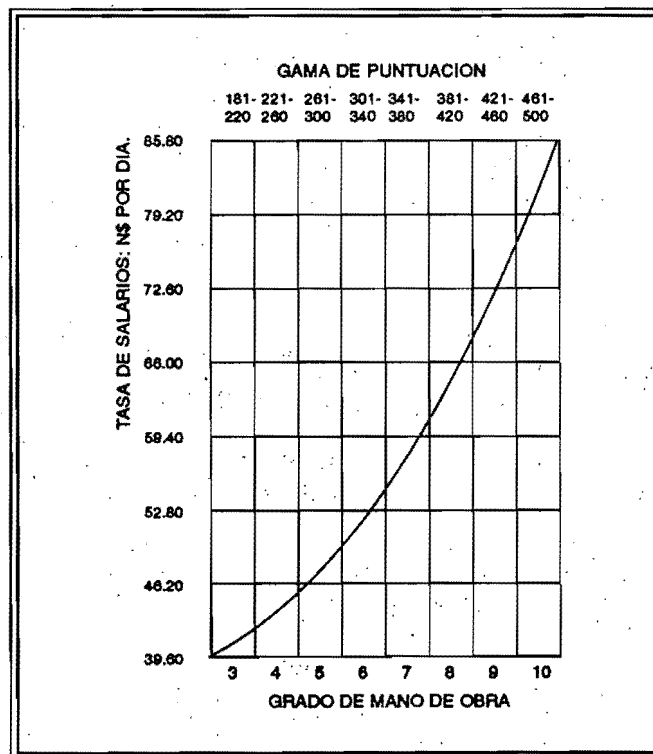


FIG.7.9.- CURVA DE SALARIOS-GRADO DE MANO DE OBRA.

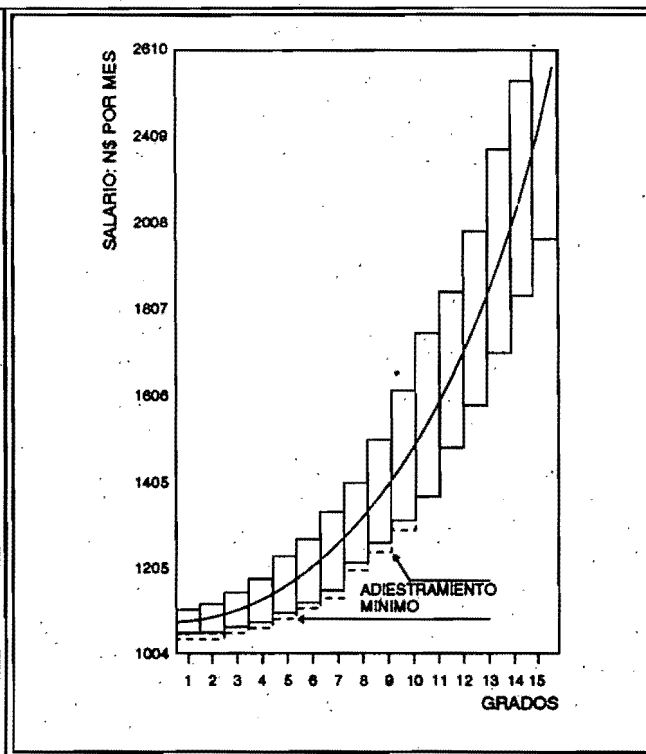
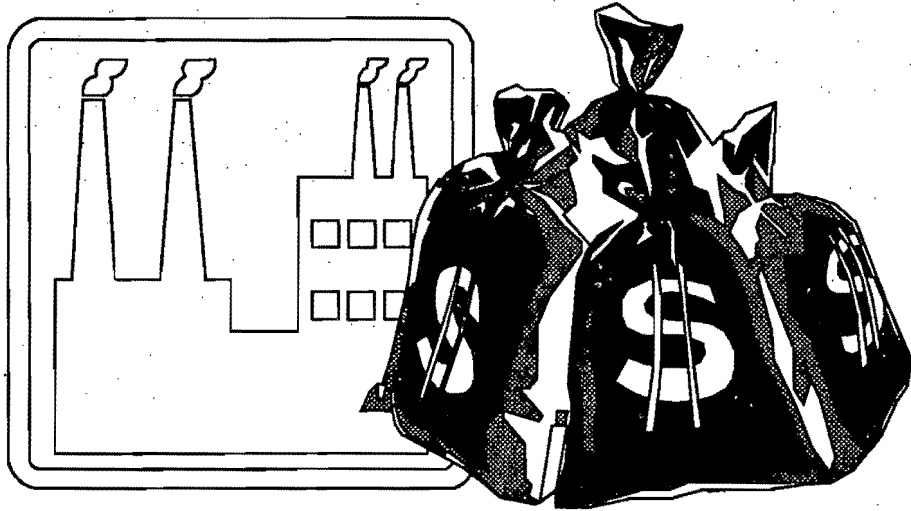


FIG.7.10.- CURVA DE SALARIOS PARA GRADOS DE 1 A 15.

El objetivo de la evaluación de salarios es medir el valor relativo de los puestos bajo sueldo. Deberán fijarse para el personal de mantenimiento, niveles de salario específicos, como se ejemplifica en la curva de salario para grados del 1 al 15, de la figura 7.10.

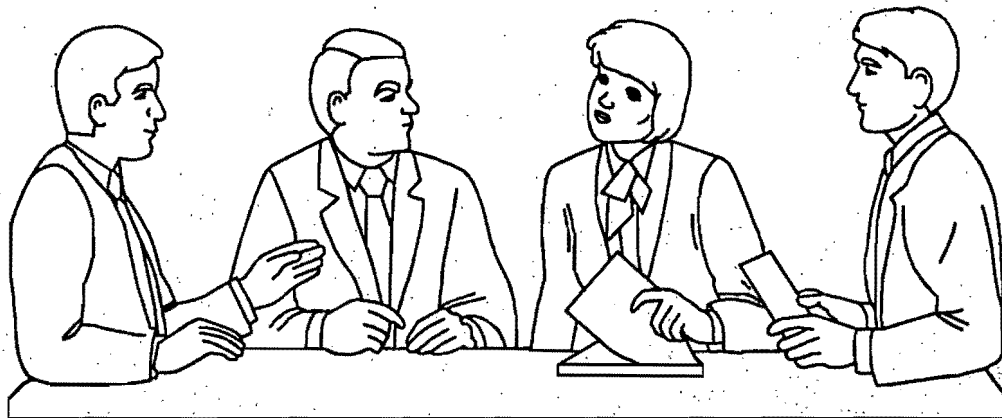
Los grados de salario, representados en la figura, varían según las responsabilidades correspondientes a los puestos, las cuales dependen de las especificaciones de éstos, el tamaño de la central, emplazamiento geográfico, etc.

La evaluación formal de salarios se emplea menos que la evaluación del trabajo. Mientras más grande es la empresa y sus relaciones más complicadas, es más difícil ser equitativo con todos.



# CAPITULO 8

# CONCLUSIONES



---

# CAPITULO 8

---

## 8.0. CONCLUSIONES.

Un Mantenimiento Preventivo es aquél que, adecuadamente programado, reduce al mínimo las interrupciones y depreciaciones excesivas del equipo, al que no se deberá permitir nunca, llegar al punto de falla.

El Mantenimiento Preventivo reduce los costos de producción, lo que podría hacer que llegue al usuario dicha producción, a precios menores, o en su caso, disponer de mayor capital para reinversiones.

Para obtener una mejor proyección del punto anterior, debe cuidarse la calidad y eficacia del mantenimiento, aumentando la calidad de la labor por medio de un adecuado adiestramiento del personal dedicado a él.

Para que un programa de mantenimiento se desarrolle adecuadamente, es necesario hacer intervenir a los involucrados en su elaboración.

Las diferentes alternativas organizacionales, varían ampliamente de acuerdo al grado de equilibrio que se desee entre la organización del proyecto y la organización matriz.

Las diferencias entre las estructuras organizacionales, no significan que una sea peor que otra, son únicamente estilos diferentes, apropiados para situaciones de "producción" diferentes.

Es aconsejable en un proyecto de mantenimiento utilizar por su simplicidad, para la elaboración de aquél, el sistema CPM/PERT/ROY.

La reducción en el tiempo de la ruta crítica, puede llegar a hacer críticas otras rutas, desperdiciando así parte del costo; en que se incurre al reducir dicho tiempo.

Durante la reducción de la ruta crítica, es aconsejable tener presente la ley de los rendimientos decrecientes.

La estimación del tiempo de duración del proyecto puede considerarse que tendrá aproximadamente el 68% de probabilidad de certeza.

Un adecuado análisis de la distribución de recursos, en un proyecto, lo hará más dinámico y más económico.



La disminución de recursos humanos, permite mayor inversión (en el mismo proyecto), de otro tipo de recursos.

Una adecuada supervisión del proyecto, así como de sus recursos hará posible su terminación en la fecha programada, evitando considerables erogaciones.

El análisis de los resultados que se obtengan, conforme avanza el proyecto, permite prever desviaciones al actuar sobre éstas, ya que permite corregirlas; posteriormente, ayudará a evitarlas en definitiva en los proyectos siguientes.

El Programa Nacional de Productividad (PRONAPRO), durante el sexenio 1982-1988, contemplaba primordialmente obtener mayor producción y utilidades de las empresas, mediante el aumento en el número de horas de mano de obra y disminución de salarios -en ciertos niveles- y de prestaciones. Durante ese, y el sexenio 1988-1994, ha habido una tendencia a la desaparición de muchos contratos colectivos de trabajo y en el mejor de los casos, de cláusulas básicas en ellos, por lo que es inminente la presión de ambas partes (empresa-sindicato), para mejorar la productividad.

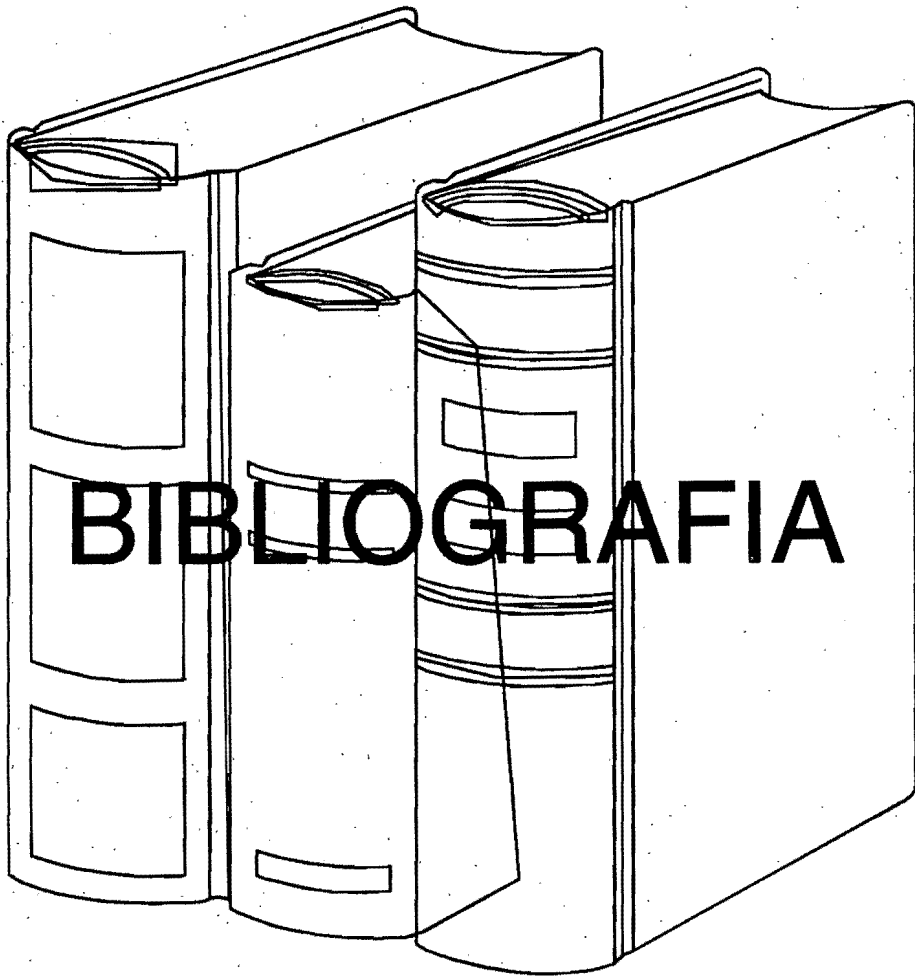
La calidad de la mano de obra se aumentaría, sin duda, por medio de una adecuada selección de personal y posteriormente con cursos de preparación, capacitación y actualización del mismo.

Por medio del sistema de méritos, es conveniente proporcionar al personal beneficios adicionales que lo motiven.

Es posible aumentar el rendimiento del personal, cuando éste puede satisfacer sus necesidades primordiales y cubrir ciertos satisfactores.

Es necesaria una adecuada clasificación de trabajo o "definición de labores" cuya valoración económica satisfaga equilibradamente, el beneficio que proporciona.

El Tratado de Libre Comercio, obliga a todo tipo de trabajador a superarse intelectual y laboralmente, para incrementar la calidad de su trabajo y poder ser competitivos.



**BIBLIOGRAFIA**

---

## **Bibliografía**

---

### **ADMINISTRACION CIENTIFICA**

---

**Jonh J. Dinkel.**

**Gary A. Kochenberger.**

**Donald R. Plane.**

| Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A.

### **ADMINISTRACION DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

---

Organización, motivación y control en el mantenimiento industrial

**E. T. Newbrough.**

**y personal de Albert Raymond y Asociados, inc.**

| Editorial Diana.

### **ADMINISTRACION POR PROYECTOS:**

---

Cómo hacerla operante

**Charles C. Martin.**

| Editorial Diana.

### **ADMINISTRACION Y CONTROL DE PROYECTOS:**

---

Determinación de la ruta crítica (volumen 1)

Planeación de operaciones aplicada (volumen 2)

Asignación y programación de recursos (volumen 3)

**Dr. R. L. Martino.**

| Editorial Técnica.

---

**BASES ESENCIALES DE LA ADMINISTRACION**

---

**Joseph L. Massie.**  
| Editorial Diana.

---

**CONTABILIDAD DE COSTOS**

---

**E. Reyes Perez.**  
| Limusa, Grupo Noriega Editores.

---

**DOMINE EL CAMBIO:**

---

Administre con sentido común

**Guillermo Barba Lluch.**  
| Editorial Diana.

---

**ECONOMIA**

---

**Paul A. Samuelson.**  
**William D. Nordhaus.**  
| McGraw Hill.

---

**ESTADISTICA**

---

**Murray R. Spiegel.**  
| McGraw Hill-Schaum.

---

**ESTADISTICA MATEMATICA**

---

Con aplicaciones

**Mendenhall.**  
**Scheaffer.**  
**Wackerly.**  
| South-Western Publishing Co.  
  
Grupo Editorial Iberoameric

---

## **FUNDAMENTOS DE ADMINISTRACION FINANCIERA**

---

**Ezra Solomon.**  
**Jonh J. Pringle.**  
| Editorial Diana.

---

## **INICIACION AL METODO DEL CAMINO CRITICO**

---

Planeación y programación

Ejecución y control

Ejercicios

Aplicaciones prácticas en general

**Agustín Montañó G.**  
| Editorial Trillas.

---

## **INTRODUCCION A LA TEORIA DE PROBABILIDADES**

---

Textos programados

**Octavio A. Rascon Ch.**  
| Universidad Nacional Autónoma de México.

---

## **LA DINAMICA ADMINISTRATIVA**

---

Conceptos, funcionamiento y aplicaciones prácticas

**William H. Newman.**  
**E. Kirby Warren.**  
| Editorial Diana.

---

## **MATEMATICAS PARA ECONOMISTAS**

---

**Yaro Tamani.**  
| Editorial Ariel.

---

**METODOS, PLANEAMIENTO Y EQUIPOS DE  
CONSTRUCCION**

---

**R. L. Peurifoy.**  
| Editorial Diana.

---

**PROBABILIDAD**

---

**Seymour Lipschutz.**  
| McGraw Hill-Schaum.

---

**PROBABILIDAD, LOGICA Y DECISIONES  
GERENCIALES**

---

**Jerome D. Braverman.**  
| Editorial Trillas.

---

**PROYECTOS DE DESARROLLO**

---

Planificación, implementación y control (volumen 1)

**Banco Interamericano de Desarrollo.**  
**Escuela Interamericana de Administración Pública.**  
**Fundación Getulio Vargas.**  
| Editorial Limusa, S.A.

---

**TECNICAS DE ANALISIS ECONOMICO PARA  
ADMINISTRADORES E INGENIEROS**

---

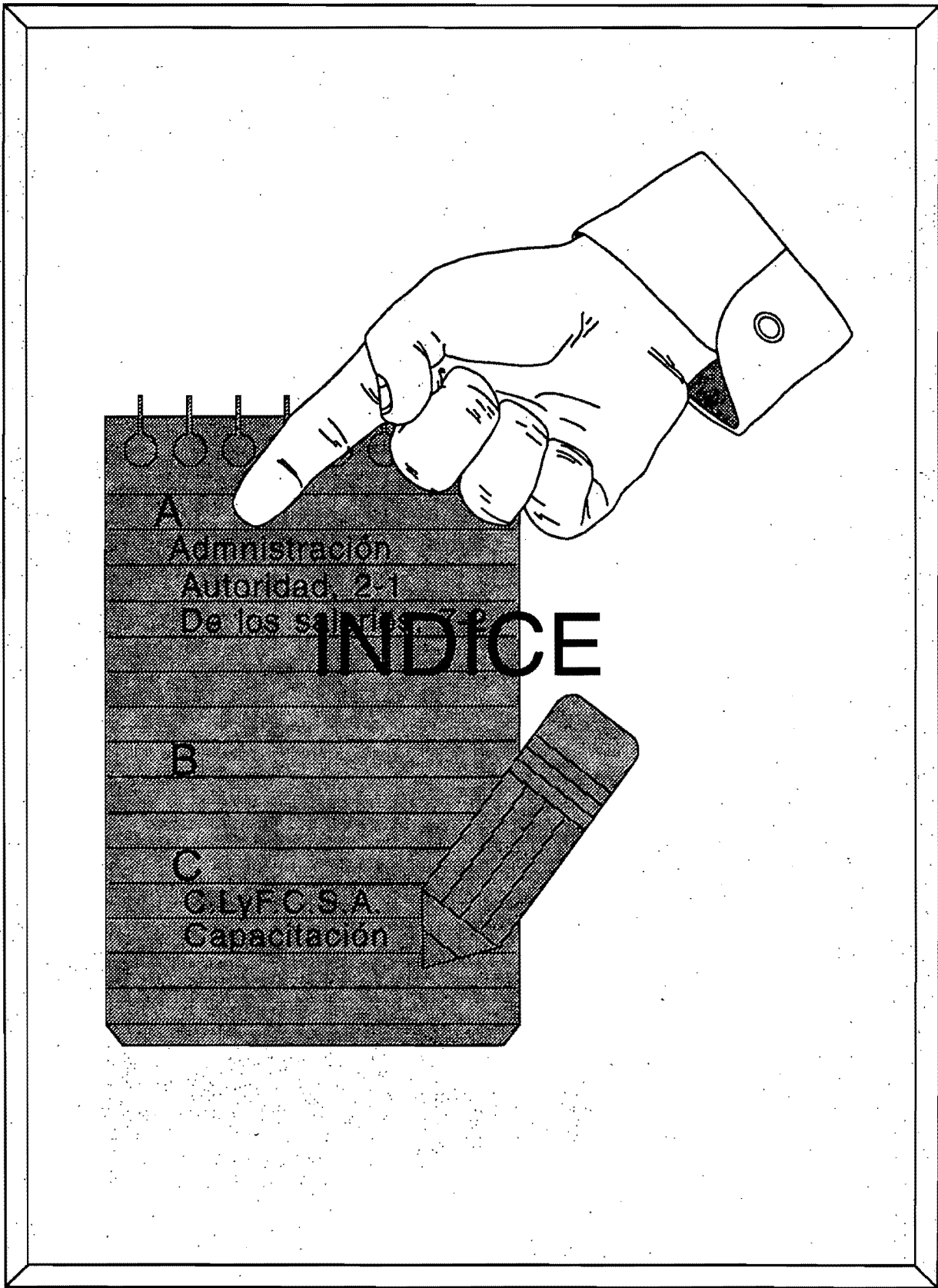
**John R. Canada.**  
| Editorial Diana.

---

**USO DEL ANALISIS DE RED EN LA ADMINISTRACION  
DE PROYECTOS**

---

**H. R. Hoare.**  
| Editorial Diana.



A

Administración  
Autoridad, 2-1  
De los salarios, 7-2

# INDICE

B

C

CLYFC S.A.  
Capacitación

# Indice

## A

### Administración

- Autoridad, 2 -1
  - De los salarios, 7 -2
  - Gerente de proyectos, 4 -1, 5 -2
  - Muerte súbita, 5 -4, 6 -4
  - Poder, 2 -1
  - por objetivos, 1 -4
  - Principio numérico, 2 -1
  - Productividad, P -4
  - Recursos humanos, 6 -15
  - Recursos, 4 -1
  - Responsabilidad, 2 -1
- Análisis de Fallas, P -2

## C

### C.L y F.C.S.A., P -2

#### Capacitación

- Programas de, 7 -9

#### Centrales Termoeléctricas

- Grande, 2 -10
- Ing. Jorge Luque L, P -2
- Mediana, 2 -8
- Pequeña, 2 -7

#### Centros de

- decision, 2 -6
- Mantenimiento, 2 -7
- Poder, 2 -2

#### Comisión Federal de Electricidad, P -1

#### Computación

- Hoja electrónica de datos, 6 -10

#### Control

- Actividades críticas ejecutadas, 6 -5
- Actividades no programadas en ejecución, 6 -9
- Actividades no programadas en proyecto, 6 -9



Actividades programadas adelantadas, 6-7  
Actividades programadas ejecutadas, 6-7  
Actividades programadas retrasadas, 6-7  
Auditoría de recursos humanos, 6-16  
Avance real, 6-9  
Correlación, 6-12  
estimación del valor del trabajo, 5-9  
Gráfica del I. S., 5-8  
Gráficas de avances, 5-4, 6  
Holgura total utilizada, 6-6  
Índice situacional, 5-7  
Índices acumulados, 6-11  
Índices de ausentismo, 6-16  
Índices de comparación, 6-8  
Libro de campo, 5-3  
Órdenes de trabajo, 5-4  
Porcentaje ponderado, 5-8  
Regresión lineal, 6-12  
Retardos, 6-17  
Sistema con retroalimentación, 5-3  
Control, 5-1  
Coordinador, 2-11  
Costo, 4-12  
Costos  
Análisis de sensibilidad, 6-18  
Análisis, 1-7  
Cálculo de, 3-5  
Directos o internos, 5-9  
Función objetivo, 6-19  
Indirectos o externos, 5-9  
PERT, 5-6  
Por mano de obra, 7-1  
reales, 1-7  
Recursos, 4-1  
Registros de, 5-10  
Cronogramas, 2-13  
Curva del costo total, 3-4

**E**

## Eficacia

De costos, 6-3

De obra, 5-6

De obra, 6-3

Eficiencia, 1-3

gráfica de, 5-5

Eficacia, 1-2

Eficacia, 6-9

Estructura Matricial, 2-15

**H**

Hamilton, Sir Ian, 2-4

**I**

## Ingeniería de

Construcción, 2-3

Desarrollo, 2-3

Diseño, 2-3

Investigación, 2-3

Mantenimiento, 2-3, 4, 6

**L**

Ley de los rendimientos decrecientes, 3-4, 9, 4-11,

6-2

Luz y fuerza del Centro, 7-1

**M**

Maclver, P-4

## Mantenimiento

correctivo, 1-2

Cuantificación de, 1-4

Cuantificación del, 6-2  
Financiamiento del, 3-10  
Gestión de Proyectos de, 6-20  
Horas-cuadrilla, 6-2  
Horas-hombre, 6-2  
Mayor, P-2  
Organización de, 1-10  
Personal de, 1-3  
preventivo, 1-1  
Proyecto de, 3-1  
Supervisión de, 1-4  
Materiales, 3-9  
Méritos  
Clasificación por, 7-4

## O

Objetivos, 2-2  
Operación  
Costos de, 6-19  
Organigrama, 2-1  
Organización  
Estructura, 2-5  
Formal, 2-2  
Indices de rotación 6-16  
Matriz, 2-13  
Selección y contratación de personal, 7-1  
Organización, 2-1

## P

Planeación  
Programa, 1-5  
Poder  
Moral, 2-3  
Probabilidad  
de terminación, 3-8  
Desviación normal, 3-7  
Distribución, 3-6  
Simulación de Montecarlo, 3-9

Variación, 3-6  
Probabilidad, 3-6  
Productividad, 6-3, 4, 14, 15  
Producto nacional bruto, 1-3  
Programación  
    Diagrama de flujo, 5-1  
    Ecuaciones Lineales, 3-5  
    Lineal, 3-4  
    Métodos de, 3-2  
    Nivelación de actividades y avances, 6-1  
Programas  
    POISE, P-1  
Proyecto  
    Activador de, 2-13  
    Administración de, 2-12  
    Administración del, 4-1  
    Control de, 5-6  
    Control del, 5-3  
    Coordinador de, 2-14  
    Gerente de, 2-15  
    Gerente general, 2-16  
    Libro de Campo, 5-3  
Proyecto, Gerente de, 2-15

## R

Radiotransmisores, 3-11  
Recursos  
    Asignación de, 4-5  
    Asignados, 6-4  
    Costos de, 4-1  
    Criterios de asignación de, 4-12  
    Disponible libres, 4-9  
    Disponibles, 6-4  
    Económicos, 6-18  
    Histogramas de, 4-4, 5  
    Humanos, 6-13  
    Inactivos, 4-9  
    Limitados, 4-9  
    Materiales, 6-17  
    Planeación de, 7-8

Porcentaje efectivo de, 4-9  
Programa de, 4-5  
Programado, 4-8  
Requeridos, 4-3  
Tabla de, 4-4  
Total disponible, 4-8  
Recursos Humanos  
Planeación de, 7-8  
Refacciones, 3-9  
Ruta crítica  
Bernard Roy, 3-2  
CPM, 3-2  
Cronogramas, 3-10  
Diagramación, 3-2  
Diagramas de Gantt, 4-3  
Duración, 3-4  
Eventos, 3-2  
Holgura libre, 4-6  
Holgura total, 4-6  
Metra Potentials Method, P-7  
MPM, 3-2  
PERT, 3-2  
Redes, 3-1, 2  
Ruta crítica, 3-1, 5-1

## S

### Salarios

Grados de, 7-12  
Influencia de los sindicatos, 7-8  
Tasas de, 7-11  
Schultz, Theodore W: 6-14  
SINDICATO MEXICANO DE ELECTRICISTAS, P-3,  
SME  
Sindicato Mexicano de Electricistas, 7-1

**T**

Teorema del límite central, 3-7

**Trabajo**

- Análisis de, 7-3, 4
  - Competencia imperfecta, 7-6
  - Competencia perfecta, 7-6
  - Definición de conceptos, 7-5
  - Descripción del, 7-4
  - Fuerza de, 2-6
  - Gama de puntuación, 7-9
  - Gráficas de ascenso, 7-4
  - Huelga, 7-8
  - Medición del, 6-3
  - Monopolio bilateral, 7-7
  - Monopolio, 7-7
  - Monopsonio, 7-7
  - Oferta de fuerza de, 7-5
  - Orden de, 2-11
  - Tasa de equilibrio, 7-5
  - Tasa salarial, 7-5
- Tratado de Libre Comercio, P-6

**V**

Valor marginal, 1-1