



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

**CAMPUS ARAGON**

**"SOFTWARE DE APLICACIÓN PARA LA  
ADMINISTRACIÓN EN LA INGENIERÍA DE  
PROYECTOS"**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO-ELECTRICISTA  
ÁREA: INDUSTRIAL

P R E S E N T A:  
MARIANO SÁNCHEZ GONZÁLEZ

**ASESOR:**

ING. FRANCISCO RAÚL ORTÍZ GONZÁLEZ

SAN JUAN DE ARAGÓN ESTADO DE MÉXICO, OCTUBRE DEL 2004.





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## AGRADECIMIENTOS

**A MIS PADRES: MARIANO Y ESTHER**

Por dame la vida y apoyarme en todo momento y estar conmigo en mi superación personal y guiarme hasta ese objetivo que es la culminación de mi carrera profesional. Gracias por su comprensión, confianza y paciencia y todos los sacrificios alguna vez incomprensidos y brindarme la oportunidad de disfrutar con ustedes uno mas de mis logros.

**A MI HERMANA: TANIA**

Por estar conmigo y permitir que como tu hermano mayor llegara a este objetivo tan importante para mí. Se que disfrutas igual que yo este éxito y espero que esta tesis te sirva como ejemplo para culminar en algún momento tu proyecto profesional de vida.

**A MI HERMANA: LETICIA**

A ti por compartir tantos juntos tantos momentos y que te lleve a valorar y lograr cada uno de los objetivos de tu vida y dentro de unos años veas esta tesis comprendas el apoyo que debes de dar a DANY para que igual que yo la sepas encaminar a ser una profesionista y ten presente que así como tu yo también te apoyare siempre.

**A MI NOVIA: ANGELA DESIRE**

Por que me enseñaste a conocer el verdadero amor de una manera especial. Por tratar de ser una persona cada día mejor con objetivos y metas y apoyarme a culminar este proyecto que así como yo tu también disfrutes este logro. Gracias por tu apoyo la confianza y el espacio que me dedicas y que me hacen cada día mejor y que disfrutemos un logro mas como pareja. (Gracias por aparecer en mi vida).

---

## CONTENIDO GENERAL

	Pag.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>I</b>
<b>CAPÍTULO I ANTECEDENTES DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO II TÉCNICAS ANALÍTICAS DE LA INGENIERÍA DE MÉTODOS</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO III LA INGENIERÍA DE PROYECTOS</b>	<b>37</b>
<b>CAPÍTULO IV SOFTWARE DE APLICACIÓN</b>	<b>55</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>73</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO</b>	

## CONTENIDO

	Página
<b>INTRODUCCIÓN</b>	i
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>ANTECEDENTES DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>	1
I.A. LA PRIMERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL	1
I.A.1. CAUSAS	2
I.A.1.a. COMIENZOS	7
I.A.2. CONSECUENCIAS GENERALES	10
I.A.2.a. SOCIALES	10
I.A.2.b. ECONÓMICAS	11
I.A.2.c. POLÍTICAS	11
I.A.2.d. CULTURALES	12
I.B. LA SEGUNDA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL	12
I.B.1 LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA	13
I.C. LA INGENIERÍA INDUSTRIAL	15
I.C.1. LOS PIONEROS	16
I.C.2. EL SIGLO XX	18
I.C.2.a. LOS AÑOS 20's	18
I.C.2.b. LOS AÑOS 30's	18
I.C.3. INGENIERÍA INDUSTRIAL MODERNA	20
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>TÉCNICAS ANALÍTICAS DE LA INGENIERÍA DE MÉTODOS</b>	22
II.A. EL DIAGRAMA	22
II.A.1 DIAGRAMA DE PROCESO	22
II.A.1.a ACTIVIDADES DEL DIAGRAMA DE PROCESO	22
II.A.1.b. DIAGRAMA DEL PROCESO DE UNA OPERACIÓN	23
II.A.1.c. DIAGRAMA DE FLUJO	24
II.A.1.d. DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES	24



	Página
II.B ANÁLISIS DE OPERACIONES	25
II.C. ESTUDIO DE MOVIMIENTOS	25
II.C.1 REGISTRO DE LOS MÉTODOS ACTUALES	26
II.C.2 TÉCNICAS PARA EL REGISTRO DE LOS MÉTODOS ACTUALES	27
II.C.2.a. DIAGRAMA DE PROCESO	27
II.C.3 TÉCNICAS PARA EL REGISTRO DE LOS MÉTODOS ACTUALES	27
II.C.3.a. ESTUDIO DE MICROMOVIMIENTOS	28
II.C.4 ESTUDIO DE LA TRAYECTORIA DEL MOVIMIENTO	30
II.C.5 DESARROLLO DE UN MÉTODO MEJORADO A PARTIR DEL ANÁLISIS DE UN ESTUDIO DE MOVIMIENTOS	33
II.C.5.1 ANÁLISIS DE UN DIAGRAMA DE PROCESO	33
II.C.5.2 ANÁLISIS DE UN DIAGRAMA DE SIMOGRAMA	33
II.D MUESTREO DEL TRABAJO	34
II.E. ESTUDIO DE TIEMPOS	34
II.F MÉTODO MTM DE MEDICIÓN DE TIEMPOS	34
II.G ANÁLISIS DEL VALOR (INGENIERÍA DEL VALOR)	35
II.G.1 FORMACIÓN DE LA INGENIERÍA DE MÉTODOS	36
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>LA INGENIERÍA DE PROYECTOS</b>	<b>37</b>
III.A.1. POR QUE SON NECESARIOS LOS PROYECTOS	37
III.A.2. DECISIÓN SOBRE UN PROYECTO	37
III.A.3. EVALUACIÓN DE UN PROYECTO	37
III.A.3.1. LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS COMO UN PROCESO Y ALCANCES	38
III.A.3.2. ESTUDIO DE MERCADO	40
III.A.3.3. ESTUDIO TÉCNICO	40
III.A.3.3.a LA INGENIERÍA DEL PROYECTO	40
III.A.3.4. ESTUDIO ECONÓMICO	42

	Página
III.A.3.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA	43
III.A.3.6. ANÁLISIS Y ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO	43
III.A.4. PLANEACIÓN DEL PROYECTO	43
III.A.4.1. LOS TRES NIVELES DE DEFINICIÓN DEL PROYECTO	43
III.B. INTRODUCCIÓN A LA ADMINISTRACIÓN DE UN PROYECTO	44
III.B.1. CICLO DE DURACIÓN DEL PROYECTO	44
III.B.2. LOS PARÁMETROS DEL PROYECTO	45
III.C. EL ORIGEN DEL PROYECTO	46
III.C.1. IDEAS SÚBITAS	46
III.C.2. ESTRATEGIA PRELIMINAR	47
III.C.2.1. ESTUDIO DE MERCADO	47
III.C.2.2. ENSAYO DE EJEMPLO	47
III.C.2.3. SIMULACIÓN POR COMPUTADORA	47
III.D. PLANIFICACIÓN DE LOS TRES PARÁMETROS DEL PROYECTO	48
III.D.1. PLANIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE LA CALIDAD	48
III.E. PLANIFICACIÓN DE LA MEDIDA DEL TIEMPO	50
III.E.1. EL DIAGRAMA GANTT	52
III.E.2. EL DIAGRAMA PERT	52
III.F. PLANIFICACIÓN DE LA MEDIDA DEL COSTO	54
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>SOFTWARE DE APLICACIÓN</b>	55
IV.A. LA HERRAMIENTA MULTIUSO	55
IV.A.1. GENERACIONES DE COMPUTADORAS	60
IV.A.1.a. GENERACION CERRO (1942 - 1945)	60
IV.A.1.b. PRIMERA GENERACION (1951 - 1958)	61
IV.A.1.c. SEGUNDA GENERACION (1959-1954)	62

---

	Página
IV.A.1.d. TERCERA GENERACION (1964-1971)	62
IV.A.1.e. CUARTA GENERACION (1972-1984)	63
IV.A.2. PANORAMA GENERAL DE LA COMPUTADORA	63
IV.A.3. ESQUEMA GENERAL DE UNA COMPUTADORA	65
IV.A.4. SOFTWARE	65
IV.A.4.1. SISTEMAS OPERATIVOS	66
IV.A.4.2. SOFTWARE DE APLICACIÓN	66
IV.B. PROJECT	66
IV.B.1. MENU PRINCIPAL	67
IV.B.3. BARRA DE VISTAS	69
IV.B.3.a. CAMBIO DE VISTAS	69
IV.B.3.b. DESPLAZAMIENTO DE UNA VISTA	69
IV.B.4. CONFIGURACIÓN DE LAS OPCIONES DE PROGRAMACIÓN	69
IV.B.5. ASIGNACIÓN DE UN CALENDARIO A UNA TAREA	70
IV.B.5.1. ESCALA TEMPORAL	70
IV.B.5.3. MODIFICACIÓN DE HORAS LABORABLES DE LOS RECURSOS	71
IV.B.5.4. BLOQUEO DEL PERÍODO VACACIONAL	71
IV.B.6. USO DE TAREAS REPETITIVAS	71
IV.C. APLICACIÓN	72
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>73</b>
<b>BILIOGRAFÍA</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO</b>	

---

## INTRODUCCIÓN

así con la aparición de nuevos descubrimientos científicos y tecnológicos se construyeron máquinas que acrecentaron el desarrollo de la productividad donde se dio origen a la industria moderna (textil y metalúrgica).

**CAPÍTULO II.** Esta enfocado a las Técnicas de Ingeniería de Métodos que son herramientas para capacitar al ingeniero para visualizar las relaciones entre operaciones y procesos.

**CAPÍTULO III.** Muestra las herramientas y los aspectos relevantes de cómo se enfoca o realiza un proyecto desde la idea hasta el proyecto definitivo o proyecto terminado para tener un mejor desempeño óptimo y funcional.

**CAPÍTULO IV.** En este capítulo se examina desde la aparición de la primera computadora pasando por sus generaciones. Se examina las herramientas de Software (Project) el cual es un programa aplicado a un caso práctico en la administración de la ingeniería de proyectos.

La ingeniería es una profesión muy antigua, creativa y usa el método científico para transformar los recursos naturales en útiles para el hombre. La práctica de la ingeniería siempre ha evolucionado con las tecnologías para el desarrollo del área siendo industrial, mecánica o eléctrica. La tecnología de las computadoras ha proporcionado un sinnúmero de herramientas poderosas que tienen un efecto en la profesión.

El Ingeniero Mecánico Electricista en el Área Industrial es el profesionalista que utiliza los conocimientos de las ciencias físico – matemáticas, así como técnicas de ingeniería, economía y administración, para transformar la naturaleza por medio de dispositivos mecánicos y eléctricos los cuales optimizan el funcionamiento de sistemas productivos formados por hombres, máquinas e insumos. Además planea, organiza, produce, controla, opera y mantiene sistemas mecánicos, electromecánicos así como sistemas integrados por hombres y máquinas. En este campo interviene el diseño de máquinas, dispositivos y sistemas mecánicos también supervisa la manufactura de componentes para equipos industriales, calcula los costos de fabricación y dirige el montaje operación y mantenimiento de las instalaciones y aparatos mecánicos.

El presente trabajo está orientado hacia la administración de proyectos con un software de aplicación que facilitará la planeación, dirección y organización de la Ingeniería de proyectos, para el Montaje de una Estructura Universal de 400 Kv.

A continuación se describirán los aspectos principales en los que se encuentran comprendidos los capítulos de este trabajo:

**CAPÍTULO I.** Con el avance de la Revolución Industrial ocurrieron acontecimientos de repercusión mundial que provocaron el descubrimiento de materias primas y fuentes de energía como son: el vapor, la electricidad, los combustibles, el carbón, la madera, el algodón, que dieron origen a la industria y

## CAPÍTULO I

# ANTECEDENTES DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL

---

La Revolución Industrial que nació en Europa a fines del siglo XVIII y comienzos del XIX fue un acontecimiento de repercusión mundial, que provocó una transformación radical en la estructura social a partir de la renovación de los sistemas de producción, de los medios de transporte y comunicación, y de la tecnología industrial. El factor determinante de la revolución tecnológica fue la introducción de la industrialización en el proceso productivo. Siendo Inglaterra el primer país que pasó de la producción manual a la industrialización en gran escala y a la producción en serie.

### I.A. LA PRIMERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

En Europa ocurrieron muchos acontecimientos que hicieron posible importantes cambios en la sociedad. Una de las más severas limitaciones anteriores a esta época (1760 – 1830) era la fuente de energía para accionar la maquinaria. La única disponible, los hombres, los animales y el agua; con el descubrimiento de la máquina de vapor de James Watt, la instalación de una empresa industrial no estuvo restringida a las orillas de los ríos y de las corrientes del agua. El transporte rápido por tierra y por agua se hizo posible. La idea de Ely Whitney del uso de piezas intercambiables facilitó el rápido avance de la fabricación, los inventos y la precisión de la maquinaria, principalmente, lo que acrecentó notablemente el desarrollo industrial.

La producción en serie supone la división del proceso de trabajo en diversas fases complementarias; el producto es sometido a una serie de intervenciones combinadas realizadas por una cadena de máquinas. De tal modo, la máquina pasa a ser protagonista principal del proceso productivo, desplazando al obrero y eliminando las diferencias cualitativas del trabajo. Este aspecto marca una diferencia fundamental entre la producción artesanal, donde el obrero desempeña un papel activo y creador en el trabajo, y la producción en serie donde eso pasa a ser una pieza más del enorme complejo industrial.

La primera máquina hiladora inglesa se construyó en 1771 en la localidad de Cromford, esta se conocía con el nombre de Spinning Jenny, manejada por un solo obrero; producía seis veces más hilo que la rueda de hilar. Puesto que el trabajo de la máquina reemplazaba al de muchos obreros, la primera consecuencia de la Revolución Industrial fue la desocupación de una gran cantidad de trabajadores. Así mientras la miseria de la clase obrera iba en aumento, Inglaterra se convertía en el "taller del mundo" abasteciendo con sus productos a muchos países. Rápidamente la nación se transformó de un país tradicionalmente agrícola en una nación industrializada que dominaba el mercado mundial.

Su estructura social cambió radicalmente a dos tercios de la población urbana que pasó a trabajar en las fábricas. Pero la brusca transición de la vida rural a la vida urbana provocó graves conflictos debido a la necesidad de asegurarla a la creciente población de las grandes ciudades.

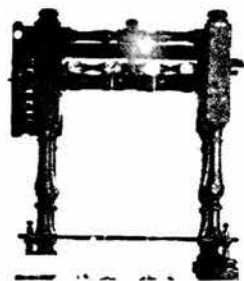


FIGURA I. 1



La afluencia masiva de población de bajo nivel económico originó condiciones miserables de vida, desocupación, marginación, delincuencia y una explotación indiscriminada del trabajador. Las jornadas laborales se extendieron hasta niveles infrahumanos y además se incorporó a las fábricas la mano de obra de las mujeres y niños que eran doblemente explotados, pues percibían salarios inferiores a los de los hombres.

Así la revolución tecnológica produjo un aumento impresionante de la productividad, también un empobrecimiento notable en el nivel de vida de la clase trabajadora. Por otra parte, los salarios disminuían constantemente, mientras aumentaba indiscriminadamente el precio de los artículos de primera necesidad, de modo que el poder adquisitivo de la familia obrera se vió notablemente reducido.

Por lo que las nuevas relaciones sociales intensificaron los conflictos de interés entre una burguesía enormemente enriquecida y poderosa, y un proletariado empobrecido y sometido a una explotación indiscriminada. El aumento de la concentración obrera en un mismo lugar de trabajo comenzó a generar la organización de la clase trabajadora, mediante la constitución de organizaciones sindicales.

Se usaron nuevas materias primas inorgánicas como el carbón y el petróleo. Otras materias primas importantes fueron: la madera, con la que se construían barcos y el algodón, de donde se sacaba el hilo para usar en los telares.

El carbón en esa época fue la fuente de energía utilizada por excelencia, ya que era el combustible de la máquina de vapor, la gran máquina descubierta en esta etapa (1785) por James Watt. También se utilizó la energía del agua y la mecánica (producida por el hombre) que hacían funcionar las primeras máquinas de vapor

### **I.A.1.CAUSAS**

Se designa con el nombre de Revolución Industrial a la serie de transformaciones económicas y sociales, que a partir de los finales del siglo XVIII se produjeron en la Gran Bretaña, transformaciones que se extendieron a otros países y que dieron origen a la industria moderna.

Estas transformaciones fueron "revolucionarias", en el sentido de que las nuevas situaciones a que dieron lugar no se presentaron como mera continuación de lo anterior, sino que trajeron un cambio profundo en lo económico, lo político, lo social, y lo espiritual.

Pueden señalarse como principales causas de la Revolución Industrial las siguientes:

1. El movimiento científico que benefició a la industria, siendo las causas los progresos de la química, la física, la geología, que comenzaron a responder a las necesidades sociales e industriales.

2. La influencia de grupos religiosos no anglicanos y de asociaciones culturales, que introdujeron en la mentalidad británica un cambio de valores y convicciones éticas respecto de la riqueza y de nuevos métodos para obtenerla y acrecentarla.
3. La influencia de la enseñanza técnica, con énfasis en la física y la química, que condujo a la tecnología en la rama textil y a la creatividad de los hombres expertos en su oficio.
4. Los conocimientos empíricos sobre cuestiones cuantitativas y de ingeniería mecánica que tendieron a sustituir la energía humana por la mecánica, y la manufactura doméstica por la organización fabril.
5. El mejoramiento de las condiciones de vida y de las modalidades del desarrollo demográfico que acrecentó la tasa de natalidad y disminuyó la de mortandad.
6. El proceso incesante de acumulación de riqueza, y por ende de disponibilidad de capital, que estimuló la difusión del trabajo asalariado, hasta convertirlo en el elemento constitutivo y dominante del nuevo modo de producción del capitalismo industrial.
7. El acrecentamiento de la superficie de la tierra cultivada que no solamente permitió la alimentación adecuada de la población humana, sino el incremento y mejora del ganado vacuno, caballar y lanar, con nuevas técnicas agrícolas, lo que favoreció la aparición de pequeños productores, que con su aporte contribuyeron a la industrialización.
8. El éxodo del campo a la ciudad, por dificultades originadas en la tenencia de la tierra y en la falta de medios de subsistencia, lo que llevó a grandes masas desocupadas a buscar un mejor vivir en las ciudades industrializadas.
9. La función del mercado internacional de Inglaterra que trajo como resultado la concentración del poder económico de un verdadero comercio triangular, que partía de Londres, África y las Indias occidentales.
10. El estímulo del comercio colonial que ofrecía a la producción algodonera beneficios extraordinarios y posibilidades casi ilimitadas de expansión de mercado, lo que movió a los industriales británicos a buscar en esta industria y aplicar a ella, nuevos procedimientos técnicos para aumentar rápidamente la capacidad productora y competir ventajosamente con idénticos productos procedentes del Asia.

Debido al incremento del intercambio, a la mayor demanda y a la lucha contra la competencia, se originó la concentración comercial de la industria y la división del trabajo. El fabricante o manufacturero proporcionó la materia prima: lana, algodón, cáñamo, hierro, los utensilios y los modelos; el obrero hizo el trabajo, el comerciante recogió el objeto fabricado y se encargó de venderlo; el artesano se convirtió de industrial independiente en obrero asalariado. La manufactura de este momento, era un conjunto de pequeños talleres individuales que trabajan para un mercader ó empresario capitalista. A veces, la manufactura comprendía un gran local en el que se almacenaban los objetos fabricados.

Todas las máquinas y en general todos los inventos técnicos nacieron de la necesidad de reducir el precio de costo, de la posibilidad de invertir poco capital y conseguir grandes beneficios. El desarrollo del comercio creó nuevas necesidades, nuevos clientes y nuevos competidores, lo cual condujo al perfeccionamiento de los medios de producción.

El puerto inglés de Liverpool importaba de oriente tejidos de algodón, convirtiéndose en importador de la materia prima (algodón en bruto). Pero para competir con los obreros de Asia, que poseían una habilidad manual desconocida entre los ingleses, era necesario buscar un nuevo método de trabajo. El objetivo era producir artículos con baja mano de obra, mínimos gastos y por lo tanto a menor precio. En la industria algodonera el ancho de los tejidos dependía de la longitud de los brazos del obrero; cuando se necesitaba una pieza más ancha, se requerían más obreros, así el costo aumentaba y los beneficios se reducían. Este hecho impulsó a John Kay a buscar y descubrir en 1733, la lanzadera volante, que permitió fabricar piezas del ancho que se deseará hacia (el año de 1760 era ya de uso general).

En la industria metalúrgica, la carencia de combustible, por la peligrosa tala de los bosques, reducía la fundición de hierro. Era preciso importar hierro de Suecia para las industrias de Birmingham y de Sheffield, pero salía muy caro y aumentaba excesivamente el precio de costo, hasta amenazar con la ruina a los maestros herreros ingleses. Por esta razón en 1737 los Darby inventaron la fundición de coque o hulla calcinada, se recurrió entonces al carbón mineral. Así se produjo un rápido desarrollo de la minería para obtener hierro y carbón, a la par que el progreso de la industria siderúrgica. Hacia 1760, se comenzó a obtener hierro de buena calidad, fundiendo el mineral en hornos alimentados con hulla. Durante el siglo XVIII, Inglaterra fue el único país productor de rieles, vigas y grandes piezas de hierro.

La máquina de vapor se originó de la necesidad de buscar fuentes de energía diferentes a los ríos; se utilizó la máquina de vapor de James Watt cumpliendo las necesidades de la industria y como sólo consumía carbón hizo depender a la metalurgia de este mineral, por lo que un autor ha afirmado con mucho acierto que: "el carbón y el hierro son los cimientos gemelos del industrialismo".



Máquina de vapor  
James Watt 1765

FIGURA I. 2

La máquina de vapor, inventada en el siglo XVIII, fue perfeccionada por Newcomen, forjador y cerrajero, fabricante de instrumentos de laboratorio, quien se valió de los estudios sobre calorimetría. Así, la ciencia se unió a la técnica, una vez descubiertos los procedimientos, los científicos los estudiaron y hallaron las leyes, las cuales fueron posibles en el siglo siguiente nuevos descubrimientos científicos y técnicos. Todos estos inventos estuvieron precedidos por largos períodos de pruebas.

La mayoría de los inventores murieron pobres y en la oscuridad, los secretos les fueron usurpados y utilizados mas tarde por los mismos fabricantes, que se habían negado a pagarlos. Mejor suerte tuvo J. Watt, al tropezar con el puritano Boulton, quien lo animó, sostuvo y ayudó económicamente para la construcción de sus máquinas que triunfaron tras largos años de lucha. Cada invento dió lugar a nuevos, a la investigación y al descubrimiento de nuevas máquinas (unos inventos crearon otros).

En la metalurgia se lograron grandes avances, desde la fundición con carbón de madera y con coque, hasta la obtención de acero de calidad inmejorable. La máquina de vapor de Watt también se fue perfeccionando, de tal manera que a partir de 1784, la fuerza del vapor pudo aplicarse a toda clase de máquinas (telares para hilar y para tejer algodón, fuelles, laminadoras, martillos, molinos de cereales, de malta y de caña de azúcar).



FIGURA I. 3

Desde el momento en que se introdujo la maquinaria, cambiaron los métodos de producción y apareció la fábrica en donde se agrupaban los obreros en gran número. El descubrimiento por Bessener, en 1856, de un método barato para fabricar acero, multiplicó las máquinas e hizo posible construirlas para aplicaciones diversas.

La serie de inventos mecánicos ha tenido desde entonces un desarrollo ininterrumpido; se han utilizado en ellos, además del vapor, la electricidad y los combustibles líquidos como es el petróleo. El maquinismo llegó a un vertiginoso avance en el comercio y las comunicaciones, la navegación y el ferrocarril llevaron a la construcción de numerosos canales, así como del tendido de muchos kilómetros de líneas férreas.

En cuanto a la agricultura, la creciente demanda de productos alimenticios para el consumo de las grandes concentraciones urbanas, hizo necesaria la aplicación de nuevos procedimientos al cultivo de la tierra, tanto en lo que se refiere a su aprovechamiento total, como a la apertura de nuevas y extensas regiones, especialmente para la producción de cereales, pero esto no hubiera podido realizarse sin la aplicación de maquinaria adecuada al cultivo de la tierra, utilizando sistemas análogos a los empleados por la industria.

La capacidad de los medios de transporte pudieron llevar a los centros de consumo productos de regiones muy alejadas. Hubo un desarrollo intenso de la ganadería para el suministro de carne, lo mismo que la explotación de los yacimientos minerales y el cultivo de plantas utilizadas para la fabricación de toda clase de objetos, destinados a satisfacer las necesidades cada vez más complejas de la vida moderna.

Al principio, todos los inventos fueron obra de gentes de oficio, artesanos ingeniosos que estaban al corriente de los procedimientos técnicos en uso, que se conocían por la práctica los problemas que habrían de resolverse. John Kay fue primero tejedor y luego fabricante de peines para telares, Hargreaves era tejedor y carpintero, Thomas Highs sencillo obrero, Arkwright ayudante de barbería, Crompton hilador y tejedor y los Darby maestros de herrería.

La lanzadera volante, aceleró la fabricación de tejidos, cuando todavía el hilo se producía con ruecas. Los tejedores carecían de hilos, sobre todo durante el verano, cuando los hiladores e hilanderas se dedicaban a la recolección, lo cual paralizaba a la industria del tejido y hacía que se incumplieran los pedidos. Esto estimuló a Hargreaves a inventar (1765) la máquina "Jenny" (el hilo que de ella salía era fino pero débil y fácil de romper) con la cual un solo obrero podía producir mayor cantidad en su domicilio. En cambio la "Watergrame" de Highs (1768), dotada de cilindros y husos verticales producía hilo fuerte pero grueso, en el cual no era posible lograr la finura de los tejidos orientales. Por fin, la "Mule" de Crompton (1779) produjo hilo fuerte y fino a la vez, apropiado para fabricar muselinas.



FIGURA I. 4

Pero entonces, el hilador resultó más adelantado que el tejedor, quien todavía trabajaba a mano. Los hiladores no sabían cómo colocar su mercancía y comenzaron a exportar, lo cual suponía peligro de competencia para los tejidos ingleses. Así se explican los esfuerzos del sacerdote Cartwright para crear en 1785, un telar mecánico que tuvo pleno éxito a partir de 1800. Dos telares de vapor, bajo la vigilancia de un muchacho, tejían 3 ½ piezas de tela en el mismo tiempo que un operario hábil, con la lanzadera volante sólo conseguía tejer una sola; el hilo producido podía ya ser consumido, por lo que el precio de los tejidos bajó y la clientela se amplió.

La agricultura se hizo científica y se industrializó, se puso en práctica el método experimental. La selección creó nuevas especies de ganado bien alimentado, gracias a las continuas rotaciones de cultivos, al forraje de invierno y al mayor cuidado de plantas altamente nutritivas.

Así empezaba una nueva era para la historia de la humanidad. Todos estos inventos se ayudaron unos a otros, se necesitaban como engranajes de una misma máquina. El hierro, más resistente y con posibilidad de mayor precisión, sustituyó a la madera; sin hierro no se puede hablar de maquinismo. Los sucesivos perfeccionamientos de la metalurgia hicieron posibles los progresos en la cantidad y en la calidad. La máquina de vapor proporcionaba la mayor fuerza posible, la más fácil de utilizar sin pérdidas.

Las realizaciones de los ingleses maravillaban a los extranjeros. Ya que construyeron el primer puente de hierro, el primer buque con casco del mismo metal y unos cuantos kilómetros de tubos de fundición para el conducir de las aguas. Algunos mercaderes fabricantes consideraron cómodo agrupar en un mismo edificio a los obreros que trabajan en la elaboración de determinado producto, para vigilarlos mejor y para ahorrar el transporte de los materiales de un operario a otro, durante las diferentes etapas de producción.

Los fabricantes utilizaron entonces un local único y personal disciplinado; las hiladoras se convirtieron en edificios de ladrillo de 4 ó 5 pisos, con 150 a 600 operarios; los dueños de estas fábricas eran ya industriales en el preciso sentido de la palabra.

Desde cuando se empleó el coque, las dimensiones de las industrias o empresas metalúrgicas no estuvieron ya limitadas por la extensión de los bosques y la escasez de madera. Cada empresa pudo contar con varios altos hornos y diversas fraguas. Incluso, aparecieron los monopolios Wilkinson en 1787, que poseía sus propias minas de hierro y de hulla; sus fundiciones y sus muelles de carga se hallaban en el río Támesis.

A la concentración productora acompañaba una solidificación geográfica; inicialmente, por ser necesarios los saltos de agua para mover las fábricas, la industria hasta entonces diseminada, se concentró en las regiones accidentadas y húmedas, pero como fuese las numerosas vías navegables permitían el transporte fácil de la hulla. Las fábricas empezaron a establecerse en la proximidad de las factorías de materia prima, y cerca de los mercados donde se vendían los productos, en los centros de población donde se reclutaba al personal que laboraba en las fábricas; surgía así la especialización de las comarcas. Con esta concentración de fábricas en determinados sitios, se establecieron los monopolios y se concentraron también los capitales en pocas personas.

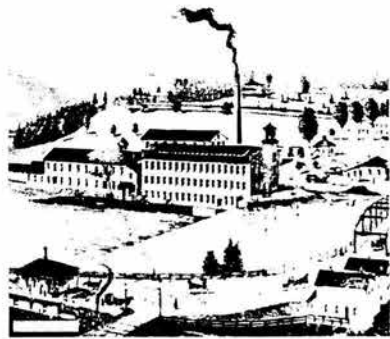


FIGURA I. 5

### I. A. 1. a. COMIENZOS

La clase media inglesa del siglo XVIII era ya la clase comercial más importante de Europa. Inglaterra había creado una gran marina mercante y comenzaba a controlar los mercados del mundo, además la situación política, legal y militar era favorable a la aparición del maquinismo. El gobierno representativo y la supremacía parlamentaria de la burguesía inglesa, les permitían dictar leyes y apoyar con medidas económicas gubernamentales la invención de nuevas máquinas. La expansión mercantil y la acumulación de capitales no sólo hicieron posibles grandes inversiones en las industrias, sino que estimularon el gusto por este negocio. Con la expansión constante de los mercados se hizo necesaria la fabricación de mercancías más baratas y en mayor cantidad.

Inglaterra disponía de abundante fuerza hidráulica y grandes reservas de carbón y mineral de hierro, requisitos indispensables para el posterior desenvolvimiento de las industrias textiles y metalúrgicas, las condiciones de trabajo favorecieron el desenvolvimiento de las fábricas en el Reino Unido. Después de 1700, la demanda de telas corrientes fue tan grande, que determinó una escasez de hilanderos y tejedores

especializados, escasez que creó por su parte una verdadera necesidad de sustitutos mecánicos.

Las guerras napoleónicas que devastaron a Europa no llegaron a Inglaterra; además, la situación militar europea estimuló de modo extraordinario la industria británica al suministrar nuevos y extensos mercados manufacturados, tanto en el ramo textil como en el metalúrgico. Sumados estos factores, fueron los que permitieron a Inglaterra ser la iniciadora de la llamada "Revolución Industrial", que la llevó a imponer su hegemonía al mundo durante la parte final del siglo XVIII y buena parte del XIX, hasta que fue desplazada por los Estados Unidos de América (EUA).

Holanda disponía de capitales, su industria decaía por la carencia de materias primas propias o importadas, pues los demás países imponían restricciones a la venta de materias con el deseo de industrializarse también, los holandeses invertían capitales en Inglaterra, en Francia y en los diversos estados alemanes, contribuyendo a la industrialización de países donde el Estado apoyaba el desarrollo por razones militares; era conveniente no depender del extranjero y producir telas, armas y pólvora; era preciso exportar para reunir el dinero necesario para la gran política y para debilitar al enemigo mediante la competencia.

El Estado holandés intervino en los países de Europa otorgando subvenciones, primas y monopolios; estableció tarifas aduaneras para desarrollar una industria, prácticamente sin bases y carente de mercados que sólo crecía a costa de una serie de quiebras y de volver a empezar.

Los franceses habían superado algunas etapas y la industria en parte era espontánea. Disponía de un comercio marítimo y colonial, así como de numerosos capitales, desde luego, en menor proporción que en las demás potencias marítimas; además, la técnica financiera era incipiente haciéndola mal organizada. La industria francesa no pudo entonces desarrollarse tan aceleradamente como la inglesa, poseía también gran cantidad de industria artesanal y la concentración comercial iba creciendo; así se desarrollaron los tejidos de nylon que agruparon a muchos mercaderes, maestros, operarios y obreros; lo mismo sucedió con las manufacturas de lana.

Anterior a cualquier maquinismo, existía la concentración de fábricas y la división del trabajo entre los obreros que laboraban bajo un mismo techo. Se conformaron sociedades anónimas muy fuertes, la explotación de la hulla se hizo más técnica y la producción fue mayor. Se introdujo el maquinismo y se fundaron grandes establecimientos; inclusive Francia importó de Inglaterra obreros y máquinas. Apareció también la fundición del mineral de hierro con coque, y la industria metalúrgica.

A pesar de los esfuerzos desplegados por los soberanos, los progresos técnicos en el resto de Europa fueron todavía más lentos. En todas las naciones, el Estado intervino; los reyes crearon empresas que luego cedieron a los particulares o bien obligaron a los nobles a fundarlas lo mismo que a las ciudades y a los mercaderes. Estas empresas

fueron estimuladas con la excepción de impuestos; a menudo se les concedía instructores extranjeros y mano de obra forzada (mendigos, vagabundos, etc.).

En todas las manufacturas de lanas, encajes, relojes, cristales y espejos, la quinta parte de los obreros estaban en los talleres, mientras que los demás trabajaban en sus casas. Fueron pocas las manufacturas centralizadas por completo. En cuanto al maquinismo, su avance fue mucho más lento pero efectivo y trascendental.

Las nuevas formas de manufactura industrializada llegaron a los EUA casi al mismo tiempo que a Europa Continental. Finalizada la guerra de independencia, Estados Unidos era un país eminentemente agrícola. El 90% de su población estaba dedicada a la labranza. La mayor parte de los artículos que consumían los colonizadores, eran manufacturados en sus casas o en pequeños talleres. Los artículos fabricados se importaban de Inglaterra, sin embargo, no pudo competir con la manufactura en pequeña escala de los hogares coloniales. Los años que van de 1790 a 1860, fueron decisivos, para el establecimiento de la manufactura en América. Estos años vieron la creación de industrias textiles, metalúrgicas y del calzado en la Unión Americana. Durante todo este periodo, la industria se desarrolló cada vez más, se estableció el sistema fabril que fue reemplazando gradualmente a las manufacturas domésticas propias del período colonial.

Los factores más importantes que contribuyeron al desarrollo industrial estadounidense fueron los siguientes:

1. Los enormes recursos naturales del país (fuerza hidráulica, madera, depósitos de carbón, hierro y otros minerales).
2. La existencia de pequeños pero crecientes capitales, dispuestos a emplearse en la industria, y en la tendencia incontenible de los europeos (especialmente ingleses) por invertir en este país.
3. El estímulo ofrecido por el gobierno a la industria interior, después de 1816, mediante tarifas protectoras.
4. La introducción de maquinaria europea, las mejoras que experimentó y los notables inventos de los estadounidenses.
5. El desarrollo del comercio interior, consecuencia de los continuos progresos del transporte por tierra, agua y del desenvolvimiento de los ferrocarriles.
6. El rápido crecimiento de la población especialmente por las inmigraciones de los europeos.

En América, la industrialización también comenzó por los textiles. Aunque Inglaterra puso especial cuidado en impedir que saliera del país la nueva maquinaria o los planos, muchos consiguieron o concibieron las ideas sobre las máquinas de hilar. La industria algodonera se vió enormemente estimulada y perfeccionada luego, con el invento de la máquina desmontadora, inventada por el estadounidense Whitney.



FIGURA I. 6



Otras industrias empezaron a desarrollarse como la de la lana, la máquina de cardar inventada por un americano que fue adoptada hasta en Europa. La industria del hierro sufrió cambios fundamentales, un herrero inventó el proceso para fabricar acero, incluso antes de que se inventara en Inglaterra.

Hacia el año de 1815, la máquina de coser inventada en la década anterior, se aplicó a las manufacturas de confecciones y zapatos. Por la época de 1830, surgió la industria ferroviaria que ponía en comunicación la costa Atlántica con el interior y una extensión de sistema paralelo a la costa, lo mismo que una red de canales.

Por su actividad industrial se hicieron famosas las ciudades de Nueva York, Baltimore, Filadelfia y Boston. La transformación del estado americano en nación industrial determinó, como en Europa, la aparición de una clase social poco conocida antes de la Revolución Industrial: el proletariado.

## **I.A.2. CONSECUENCIAS GENERALES**

La concentración de grandes masas de obreros o trabajadores de la industria en las ciudades modernas y el progreso de los antiguos sistemas de producción, aumentó por una parte, la importancia de la burguesía, que era ya considerable después de las revoluciones liberales del siglo XIX; pero también hizo crecer extraordinariamente a la clase obrera, la cual en un principio fue explotada sin consideración alguna por los capitalistas dueños de las fábricas, apoyados a su vez por los gobiernos

### **I.A.2.a. SOCIALES**

La explotación de los obreros en las fábricas originó un nuevo tipo de lucha: la huelga y las asociaciones de obreros o sindicatos, para ello utilizaron la huelga como elemento de presión para lograr aumentos salariales, reducción de la jornada de trabajo de 12 y 16 horas a 8; así como para obtener otras ventajas que mitigaran su dura labor. La clase de los capitalistas industriales en formación, por entonces sólo soñaba en fundirse con la nobleza y lograr sus privilegios, mientras importantes sectores de la población industrial (aprendices de fábricas, pequeños artesanos, tejedores) estaban mal pagados, mal alimentados y peor albergados, todos devorados por la "fiebre de las fábricas".

A partir de 1785, se inician las huelgas acompañadas de violencias contra las máquinas y contra las personas, se exigió una legislación protectora; empezó la "lucha de clases" entre la burguesía comercial e industrial y los obreros. La aplicación de las máquinas a la industria produjo muchos problemas sociales; las mujeres y los niños trabajaban hasta límites sobrehumanos, los hombres hasta 16 horas en deplorables condiciones de salud, vivienda y alimento.

La Revolución Industrial trajo un cambio brusco en la vida de millares de personas. En pocos años las ciudades multiplicaron su población y se rodearon de barrios pobres y tristes. Pronto el labriego, acostumbrado al aire libre, se trasladó al centro fabril, donde

no tardaba en perder la salud a causa del humo y la falta de higiene de las primeras fábricas. El cambio del campo a la fábrica produjo naturalmente, fuertes protestas. Si una sola máquina rendía el trabajo de 100 obreros, empleando uno solo para su manejo, los otros 99 que se sentían desplazados, con frecuencia asaltaban las fábricas y quemaban las instalaciones mecánicas. Por esto desde principios del siglo XVIII, funcionaban las compañías de seguros y los fabricantes tenían bien defendidos sus intereses contra posibles pérdidas.

### **I.A.2.b. ECONÓMICAS**

Al subordinarse el hombre a la máquina, se convirtió en el esclavo del sistema económico y social creado por la técnica. El trabajador es una simple ruedecilla del gran mecanismo industrial.

La productividad incrementada enormemente por el nuevo sistema fabril, impulsó la búsqueda de nuevas colonias, de materias primas y de mercados. A pesar de las transformaciones, la pequeña industria siguió siempre numerosa y los artesanos se defendieron bien en el trabajo de la lana, de la quincallería y la cuchillería. La Revolución Industrial con el enorme incremento del volumen de las mercancías producidas, estimuló el comercio, exigió la aplicación de mayores capitales, produjo mejores y mayores instituciones bancarias y crediticias, creó las sociedades anónimas, estimuló además la formación de grandes combinaciones de negocios: los monopolios. La civilización pasó de una base rural a una urbana. La moderna ciudad industrial, con sus múltiples problemas hizo su aparición.

### **I.A.2.c. POLÍTICAS**

Como consecuencia de las transformaciones industriales, nació el movimiento revolucionario socialista en contra del capitalismo. Los obreros de todos los países iniciaron una política de solidaridad para obtener el control de las industrias o medios de producción. En el siglo XVIII hicieron su aparición Carlos Marx y Federico Engels, iniciadores del socialismo científico que promulga que la sociedad ha pasado de formas sencillas a formas más evolucionadas y que este paso se ha logrado gracias a la lucha de clases antagónicas. Según el socialismo científico, el próximo paso será del régimen capitalista al socialista y la lucha se presentará entre la burguesía capitalista y el proletariado, dando como resultado final una sociedad igualitaria, donde todas las propiedades sean de la comunidad, el gobierno esté en manos del pueblo y las ganancias sean repartidas a todos los miembros de la sociedad en salud, educación, vivienda, recreación, etc.

El movimiento socialista se inició en 1848, cuando apareció el "Manifiesto del Partido Comunista", donde se exponían las ideas del socialismo científico. Posteriormente en 1864, se estableció una organización internacional del proletariado en la llamada Primera Asociación Internacional de Trabajadores; en ésta se buscaba organizar a los obreros para defender sus derechos, frente a los capitalistas. En 1889, el movimiento socialista, fundó en París la Segunda Internacional Socialista con oficinas permanentes

en Bruselas. Un gran sector obrero, después de la revolución rusa, estableció en 1919 la Tercera Internacional que pugnaba por la conquista violenta del Estado y por la lucha revolucionaria para establecer la dictadura del proletariado o clase obrera.

#### **I.A.2.d. CULTURALES**

Los resultados intelectuales de la Revolución Industrial fueron notables. El individuo logró recibir información de todas partes del mundo, gracias a los nuevos medios de comunicación se pudieron leer libros y periódicos como no había ocurrido nunca y se consiguió la implantación de la educación pública. Numerosos hombres de ciencia se dedicaron al estudio de la electricidad, no sólo en Europa sino también en Norteamérica, en donde Benjamín Franklin descubrió que las chispas del rayo y la electricidad eran manifestaciones de una misma energía.

Luego apareció el italiano Volta con su famosa pila eléctrica. El norteamericano Morse tuvo la genial idea de utilizar la nueva corriente eléctrica para transmitir mensajes, construyó un pequeño telégrafo entre Baltimore y la ciudad de Washington. Años más tarde, el italiano Marconi conseguía la transmisión a grandes distancias sin necesidad de hilo conductor. Durante el siglo XVIII, el desarrollo de las ciencias siguió las normas establecidas en el siglo anterior; es decir, el estudio de la naturaleza por medio de la observación y la experimentación. Se formaron entonces grandes centros de investigación: laboratorios, academias, museos, etc. En astronomía, se lograron importantes descubrimientos y se formaron interesantes teorías cosmogónicas como la del francés Laplace. Hubo avances en las matemáticas, la física, la química, la medicina, las ciencias naturales, la geografía, entre otras.

Las sociedades científicas tuvieron gran parte en el decisivo impulso que recibieron las ciencias. La filosofía se caracteriza por la mezcla de los problemas propiamente filosóficos con los culturales, los políticos, los literarios y los sociales; su carácter dominante es el racionalismo; se destacaron los filósofos ingleses Locke y Hume.

Gradualmente, durante el siglo XIX, la producción familiar para atender a las necesidades vitales fue reemplazada por la producción en factorías. La especialización del trabajo fue una poderosa herramienta de la industrialización y el punto de partida de muchas de las modernas prácticas de dirección. En los Estados Unidos de América la expansión hacia el oeste fue una de las principales causas del vigoroso desarrollo del transporte por ferrocarril. La demanda de material ferroviario y agrícola, estimuló a la industria siderúrgica y a otras empresas manufactureras. A medida que avanzaba el siglo, la velocidad de la Revolución Industrial aumentaba y las técnicas de dirección de las factorías mejoraban.

#### **I.B. LA SEGUNDA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL**

La Segunda Revolución industrial se utiliza para hacer referencia al conjunto de innovaciones técnico-industriales, fundadas en el acero barato, la química la electricidad, el petróleo, el motor de combustión interna, la nueva empresa moderna,

los nuevos tipos de gestión del trabajo y la organización industrial, que emergieron durante el último tercio del siglo XIX.

Se trata de una revolución tecnológica, que se distingue por su capacidad de transformar el aparato o sistema productivo de una economía industrializada en su conjunto y como tal tiene un impacto global en la dinámica del crecimiento económico, en las formas socio-institucionales y en el régimen de acumulación de capital.

Desde el aspecto tecnológico, se pueden distinguir dos tipos de innovaciones de carácter múltiple radicales e incrementales, que corresponden a las macro y micro invenciones. Las radicales son por definición "una ruptura capaz de iniciar un rumbo tecnológico nuevo, introducen productos y procesos productivos nuevos, pueden dar nacimiento a toda una industria; las innovaciones incrementales son las "mejoras sucesivas a las que son sometidos todos los procesos y productos (sustentan un incremento en la productividad)". La amplia gama de innovaciones consiste en perfeccionar la eficiencia técnica, mejorar la productividad y la precisión en los procesos, elevando su calidad y disminuyendo su costo.

Con la Segunda Revolución Industrial se da el paso de la empresa personal a la empresa burocrática, que se acentúan en las primeras décadas del siglo XX

### **I.B.1. LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA**

Las dos revoluciones industriales surgieron con el fin de conseguir que la producción fuese más rápida y abundante. Se produjo una industrialización que quería eliminar la mano de obra que realizaba el hombre por una máquina que realizara la misma función. La máquina más importante fue la máquina de vapor, que influyó en los transportes, fabricación, etc. Otras máquinas importantes relacionadas con el mundo textil son la lanzadera volante o el telar mecánico.

Como el proceso de industrialización de la primera mitad del siglo XIX tuvo en la trilogía constituida por la industria del hierro, el uso de carbón de piedra como combustible industrial y la utilización de la máquina de vapor en la producción el núcleo generador de las innovaciones tecnológicas, que revolucionaron el escenario de la economía mundial. La virtuosa y dinámica combinación de factores hicieron posible el desarrollo del ferrocarril, que por su trascendencia en la historia se denominó "la era del ferrocarril" (1840 hasta finales del siglo XIX).

Los cambios producidos en esta época a raíz de la introducción de la maquinaria en los procesos de producción transformaron desde sus cimientos las estructuras sociales. La consecuencia política de mayor alcance de la revolución industrial fue la toma del poder por la burguesía y la constitución del proletariado como clase.

Como un rasgo singular de la Segunda Revolución Industrial, sus innovaciones tecnológicas fueron para los contemporáneos, factores que sirvieron para actualizar la tecnología de la Primera Revolución Industrial a través de una serie de

perfeccionamientos en la tecnología del vapor y la del hierro, por medio del acero y las turbinas, así como la producción y consumo del carbón.

El carbón mantuvo a lo largo de la industrialización del siglo XIX la supremacía absoluta como fuente de energía. El aumento de su producción junto a la reducción de sus costos que condujeron a una tendencia hacia la baja de su precio.

Se abrió la posibilidad de un insumo básico barato de uso extensivo perdurable incluso hasta la Primera Guerra Mundial. En Europa el carbón fue desplazado hacia mediados del siglo XX a un segundo lugar por el uso del petróleo, mientras que en los EUA, el proceso ocurrió antes de la Segunda Guerra Mundial.

La industria del hierro hacia mediados del siglo XIX experimentó transformaciones del aparato productivo, basada en el desarrollo de la industria del acero. Eso permitió afirmar que el acero dio el puntapié inicial de la Segunda Revolución Industrial.

El acero es una variedad especial del hierro que contiene una pequeña cantidad de carbono. Para uso industrial se obtiene quemando la parte del carbono que tiene el hierro en fusión o colado, de manera que resulta menos frágil que el hierro fundido, pero más resistente y duradero que el hierro forjado.

La primera innovación fue el proceso Bessemer, que permitió elaborar acero directamente del hierro fundido. Esto aumentó la producción de acero. En la década de los 60's del siglo XIX, los metalúrgicos Martin y Siemens desarrollaron el horno de solera abierta que era lento y algo costoso, pero ofrecía un producto de mayor calidad. Finalmente en 1878, Thomas y Gilchrist construyeron un convertidor que consiste en revestir el horno con piedra caliza y otras materias básicas. Estas innovaciones redujeron el costo de producción, haciendo más barato el precio del acero.

Otro de los avances más relevantes de la segunda mitad del siglo XIX fue la introducción de máquinas compuestas, de doble y triple tracción, como las grandes máquinas de los barcos. La tecnología del vapor alcanzaba todas las industrias existentes. La tecnología del vapor pudo desarrollar la turbina de vapor que adquirió un impulso a las innovaciones de la Segunda Revolución Industrial. Hacia 1880 la turbina se aplicó para la generación de electricidad, esta tecnología desplazó a la energía hidráulica

Hacia 1859 el petróleo líquido y su derivado el gas natural empezó su explotación en Norteamérica y se utilizaba primordialmente como fuente de iluminación. En la primera década del siglo XX el motor de combustión interna transformó al petróleo en la principal fuente de energía para equipos de transporte.

Ya desde 1890, inventores e ingenieros como Karl Benz y Gottlieb Daimler habían diseñado varios prototipos. La aplicación mas importante del motor a combustión interna fue el transporte ligero como son los automóviles, camiones y autobuses. Fue

llevada a cabo por los franceses Armand Peugeot, Louis Renault y Andre Citroen, William Morris y Henry Ford, quienes dieron origen a la industria automotriz.

Hacia principios del siglo XIX, el italiano Alessandro Volta, al inventar la batería elevó la electricidad a objeto de laboratorio. Michael Faraday, en 1831 concluyó con el descubrimiento del fenómeno de inducción electromagnética. A partir de estos conocimientos, Samuel Morse desarrolló el telégrafo eléctrico en la década de 1840. James Maxwell formula que la luz es un fenómeno electromagnético. Heinrich Hertz descubre las ondas eléctricas. Desde 1859 se empiezan a construir los primeros acumuladores. Hacia 1870 se inventa el dinamo.

La industria química fue otro de los grandes núcleos tecnológicos que caracteriza a la Segunda Revolución Industrial. Entre las más destacadas innovaciones del siglo XX aparece la industria de los colorantes sintéticos, de esta se desprendieron nuevas ramas como la industria farmacéutica, los explosivos, la fibra y el caucho sintético, las telas artificiales y la industrialización de residuos minerales.

En 1871 en Inglaterra y en 1844 en Francia, los sindicatos adquirieron existencia legal y se reconoció el derecho de huelga. En 1876 se celebró en Filadelfia un congreso internacional de la clase obrera. Entre 1890 y 1900 se intensificó la lucha de clases mediante la organización de huelgas locales y generales. La tecnología moderna era compleja y costosa, los empresarios se veían obligados a aumentar constantemente su capital para mantener su poder competitivo en el mercado. Así se fue afianzando la prosperidad de las instituciones bancarias, la industria, el comercio y la banca estaban estrechamente ligados entre sí, paulatinamente se fueron conformando grandes monopolios conocidos con el nombre de Trust o Carteles, que eran enormes organizaciones que manejaban la producción, distribución y comercialización de amplios sectores de la industria. Así el antiguo sistema burgués fue reemplazado por un sistema de consejos de dirección de impresionante poder económico.

### **I.C. LA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

La Revolución Industrial que comenzó entre los siglos XVIII y XIX fue el resultado de un cierto número de factores. La aparición de nuevos inventos, especialmente en la industria textil, tales como el telar mecánico, la máquina de hilar algodón, etc. (fueron importantes). La invención de la máquina de vapor permitió a las fábricas independizarse del agua como principal fuente de energía. Se realizaron adelantos en el corte de metales y en la producción con máquinas herramientas. Estos y las consideraciones económicas condujeron a la aparición de las fabricas con relativo gran número de obreros y al declinar del artesano y del sistema de "industria casera".

Con la llegada de la factoría surgió el concepto de Dirección. Sir Richard Arkwright, inventor del telar mecánico, es famoso por haber creado y reglamentado un código de disciplina de las fábricas. Matthew Boulton y su socio, James Watt Jr. fueron directivos progresistas de una empresa de fundición al final del siglo XVIII. Fueron pioneros de muchas innovaciones de fabricación y desarrollaron un notable sistema de control y

contabilidad de costos. Charles Babbage, famoso por el desarrollo de la primera máquina calculadora, escribió un trabajo denominado, "The Economy of Machinery and Manufacturing", y varios análisis de operaciones de fabricación.

Las actividades de estos hombres fueron realizadas de forma independiente en Inglaterra, sin intentar desarrollar un cuerpo formal de conocimientos acerca de la Dirección. Es de notar, que estos intentos individuales para sistematizar el concepto de la Dirección Industrial provenían de la misma aplicación del "Método Científico" que estaba revolucionando el mundo industrial. La aplicación del método científico de análisis, experimentación y demostración práctica fue extendida a la producción de máquinas herramienta, de procesos más complicados y de mejores productos. Después de esto fue extendida al pensamiento del hombre sobre los principios y métodos de Organización y Dirección. La Dirección Científica estaba todavía por llegar, esperando trabajo de los pioneros en este campo.

La Ingeniería Industrial tuvo sus raíces en la Revolución Industrial; fue alimentada por individualidades que buscaron adelantar en los principios de la Organización y la Dirección, en fechas tempranas; surgió como disciplina separada y fue formalizada a finales del siglo XIX y comienzos del siguiente (siglo XX), alcanzando su madurez después de la Segunda Guerra Mundial.

Fue desarrollada en 1955, aunque la profesión había existido mucho antes. La definición abarca desde el campo de los dirigentes de los negocios, a los de la industria, académicos, consultores y de gobierno.

Se definía a la Ingeniería Industrial como "aquella parte de la ingeniería que debe aplicarse a todos los factores, incluyendo el factor humano, que afectan a la producción y distribución de bienes y servicios"

En el campo de aplicación, se planea, organiza y controla los sistemas integrados por hombres y máquinas, utilizando métodos matemáticos, técnicas de ingeniería y principios de economía y administración; para la optimización de los procesos industriales y de servicios, con el fin de lograr un nivel de calidad y productividad competitivos, y así mejorar las condiciones de trabajo.

La Ingeniería Industrial se inició con los estudios de tiempos y movimientos de los métodos de trabajo. Sin embargo se reducían los costos, muy a menudo se encontraban con que otros factores, además de los trabajadores, influían en el costo de una tarea. Inmediatamente se veían obligados a considerar las fuentes de materia prima y estudiar la disposición en planta y el manejo de los materiales (un trabajo rápido puede producir rechazos).

### **I.C.1. LOS PIONEROS**

Al final del siglo XIX y comienzos del XX, empezó a surgir un grupo de conocimientos de Dirección como resultado de los trabajos de una serie de personas en diversos

países, pero principalmente en Norteamérica, donde figuran Frederick Taylor, Henry Gantt, Harrington Emerson, Frank y Lillian Gilbreth. Las contribuciones individuales de cada uno de ellos se pueden considerar separadas de los campos de estudio en que hicieron su aportación; por lo tanto Taylor está asociado con el estudio de métodos, además de otras actividades. El nombre de Gantt se asocia con los principios del desarrollo de la Dirección y con su enfoque humanístico. Frank Gilbreth es asociado con el estudio de movimientos, junto con su esposa, quienes llegaron a la adaptación de los procesos de ingeniería industrial al hogar y entornos similares, así como a los aspectos psicológicos de la conducta humana. Harrington Emerson escribió, expuso y desarrolló un eficiente plan de salarios con primas.

Taylor y sus contemporáneos concibieron sus contribuciones y trabajaron para formular los principios básicos de un estudio científico de la dirección, y su actividad pronto conocida como la "Dirección Científica.

El trabajo de estos pioneros fue ayudado y animado por la American Society of Mechanical Engineers. La sociedad proporcionó un forum para la discusión de los trabajos de Taylor y sus compañeros en una época en que no existía ninguna sociedad de Dirección. Luego, en 1912 fue organizada la Society to Promote the Science of Management. En 1915 llegó la Taylor Society, y en 1934 se unió con la Society of Industrial Engineers para convertirse en la Society for Advancement of Management, Más tarde como American Management Association, proporcionó forums adicionales para discutir nuevos criterios de dirección y para exponer y probar nuevas técnicas.

Frederick W. Taylor (1856-1915) es la persona considerada como el padre de la Dirección Científica y de la Ingeniería Industrial: Taylor era un ingeniero mecánico, que al principio de su carrera en la industria del acero, inició investigaciones sobre los mejores métodos de trabajo y fue el primer especialista que desarrolló una teoría integrada de los principios y metodología de la Dirección y el comienzo del análisis de métodos.

Unos años más tarde, mientras estaba empleado en Bethlehem Steel Works, dirigió sus famosos estudios sobre el paleo y la manipulación de lingotes de hierro. De 400 a 600 hombres eran empleados en palear mineral de hierro, carbón y otros materiales. Realizó largos estudios sobre el tamaño de las palas y sobre los materiales que podían ser movidos con las palas. Suministrando palas de diferentes tamaños a los obreros que manipulaban diferentes materiales, fue posible reducir el grupo de hombres a 140 en tres años y seguir moviendo el mismo volumen de material.

Otra de las operaciones de gran escala en Bethlehem era la carga de lingotes de hierro sobre vagones. Esto consideraba que un obrero agarraba el lingote de un montón que estaba en el suelo, lo transportaba sobre un tablón inclinado y lo descargaba en el vagón. Taylor estudió estas series simples de movimientos con sagacidad, por lo que desarrolló un programa de tiempos estándar; con el sistema antiguo, el obrero movía una media de 12 toneladas por día, con el nuevo método movía 47 toneladas por día.



Mientras Taylor estuvo en Bethlehem efectuó muchas mejoras en métodos del taller y en la normalización de las tareas. Henry Gantt se unió a él y trabajó en el establecimiento de tarifas por pieza en todas las tareas de producción. Carl Barth, trabajando para Taylor, perfeccionó la regla de cálculo para el corte de metales. Taylor y Maunsel White descubrieron el acero para herramientas de "alta velocidad".

Uno de los conceptos de la organización de Taylor era la jefatura funcional; el concibió que la tarea de un jefe de taller estuviera compuesta de ocho funciones principales, cada una de las cuales podía ser asignada a un capataz especializado, el cual se concentraría sobre esa función. Su fórmula de la producción máxima incluyó tres elementos (concepto fundamental de la Ingeniería Industrial): una tarea definida, un tiempo definido y un método definido.

## **I.C.2 EL SIGLO XX**

### **I.C.2.a LOS AÑOS 20's**

La Ingeniería Industrial y la Dirección Científica sufrieron una pérdida de popularidad y aceptación en los años inmediatamente anteriores a la Primera Guerra Mundial. Sin embargo, con la participación americana en aquel conflicto y la subsiguiente reconstrucción, comenzó un periodo de alta actividad industrial. Éste fue un periodo de rápida estandarización, normalización y de producción en masa, que produjo un entorno en el que floreció la Ingeniería Industrial. Las técnicas y principios de la Ingeniería Industrial fueron aplicados a los nuevos campos del esfuerzo en mucha mayor escala.

Los obreros sindicalizados, que habían mirado con desdén los esfuerzos de la Ingeniería Industrial, se interesaron por la promoción de la productividad y elevación del estándar de vida de los trabajadores. Se reavivó el interés por la Psicología Industrial expresándose un empeño por el bienestar de la mano de obra.

### **I.C.2.b LOS AÑOS 30's**

Fue una época de economía muy difícil y de inquietud social. La gran depresión hizo a la Dirección extremadamente consciente del costo y creó un ambiente en el cual los principios y técnicas de la Ingeniería Industrial tomaron seria consideración y clara aplicación muy extendida. Fue realizada una investigación sobre la producción y las actitudes de los obreros en un periodo de doce años en el Hawthorne Work de la Western Electric Company, terminando al comienzo de los años treinta. Este fue un ejemplo industrial que inclinó a otros grupos a financiar un estudio de los obreros de su propia planta.

Al final de la década de los años treinta, el impacto de la Segunda Guerra Mundial, que estaba comenzando, se presentó en términos de aumento de la producción industrial; ésto produjo el consiguiente estímulo a los preceptos y prácticas de la Ingeniería Industrial. Los sindicatos obreros se extendieron mucho en esa década; lo que produjo

una menor resistencia al movimiento de la Ingeniería Industrial. Simultáneamente, los defensores de los estudios de tiempos y métodos que anteriormente aparecían como opuestos a sus puntos de vista, comenzaron a considerarse como de la misma profesión.

Al comienzo de los años 40's; del siglo pasado (XX) H. B. Maynard y otros asociados con él, desarrollaron la Ingeniería de Métodos, un concepto que abarca muchos aspectos del estudio de trabajo en uno de los primeros intentos de resolución de problemas industriales.

Los planes de salarios de sueldos están íntimamente ligados a la medida del trabajo, al estudio de métodos, al estudio de tiempos y movimientos y al establecimiento de tipos estándares (siempre ha jugado un papel importante en la Ingeniería Industrial). Las tarifas diferenciales por pieza de Taylor, los sistemas de primas y tareas de Gantt, los planes de primas por eficiencia de Emerson y el sistema Bedaux, fueron desarrollados muy pronto y son indicativos de algunos de los planes de retribución para los obreros, ligados a su productividad. Muchos de los esfuerzos de la Ingeniería Industrial están centrados en programas de incentivos que pretenden el aumento de la productividad de los obreros y la adecuada compensación del obrero por aquel aumento.

Otro campo para los ingenieros industriales ha sido el diseño e implantación de procedimientos de control. Esto comenzó con el control contable y de existencias de almacenes, hasta que llegó el desarrollo de sistemas completos de fábricas. Con la llegada de las grandes organizaciones y compañías transnacionales, la necesidad de expansión de estos sistemas elementales a sistemas más complejos creció también. Las piezas intercambiables requerían controles de calidad para asegurar que las piezas de recambio serían adecuadas. La producción en masa y las técnicas de producción en línea exigieron planificación y programación, mejores materiales y mejor sistema de control de existencias. Además fueron creados instrumentos de control de mantenimiento, tales como el gráfico de Gantt y los diagramas de flujo.

Las funciones de la tradicional Ingeniería Industrial como un prelude para la discusión de algunos campos de más amplio énfasis para los ingenieros industriales, incluye los siguientes títulos:

- 1- Ingeniería de Métodos: análisis de operaciones, estudio de movimientos, movimiento de materiales, planificación de producción, seguridad y normalización.
- 2- Medida del Trabajo: estudio de tiempos y tiempos estándares elementales predeterminados.
- 3- Determinación de Controles: control de producción, control de existencias de control de calidad, control de costos y control presupuestario.
- 4- Evaluación de puestos y salarios: salarios con incentivo, distribución de beneficios, evaluación de tareas, clasificación por merito, administración de sueldos y salarios.
- 5- Instalación de diseño de fábricas: distribución en planta, adquisición y sustitución de equipos, diseño de productos, diseño de herramientas y calibre.

### I.C.3. INGENIERÍA INDUSTRIAL MODERNA

Hasta este punto del desarrollo de la Ingeniería Industrial, la mayor parte de los esfuerzos en el campo de los métodos habían sido correctivos. Este concepto implicaba estudiar los métodos en forma de planificación del trabajo, (antes que después de que estuvieran en marcha), varias personas desarrollaron sistemas de estándares de tiempos predeterminados.

Los conceptos de Gilbreth de los movimientos elementales condujeron a otras técnicas a considerar la posibilidad de considerar estos elementos en tareas normales realizadas por obreros industriales, para llegar a un tiempo estándar o normal para la tarea. A. B. Segur antes de 1930, había utilizado tales tiempos elementales estándares, pero sus descubrimientos no fueron divulgados con amplitud.

La Ingeniería Industrial durante la Segunda Guerra Mundial, como sucede durante la mayor parte de las guerras de cualquier dimensión o duración, se produjo un gran desarrollo de las actividades industriales en los Estados Unidos de América, buscando alcanzar la supremacía militar para si y sus aliados. No solamente fueron ampliadas las capacidades industriales en gran manera, como en el caso de producción de aviones, sino que se produjeron las grandes conversiones de productos de tiempos de paz en materiales necesarios para la guerra. Plantas de automóviles pasaron a fabricar camiones, tanques, y otros vehículos necesarios. La producción de caucho sintético se hizo necesaria al desaparecer los suministros de caucho natural de ultramar. Un gran esfuerzo fue necesario en la industria del petróleo para producir diversos productos químicos y gasolina de 100 octanos. Nacieron nuevas industrias completas, tales como las plantas de energía nuclear.

El resultado de todo esto fue poner en gran tensión la capacidad productiva de la nación lo que naturalmente también sucedía en otras naciones, y acelerar nuevos desarrollos en la Ingeniería Industrial. Muchas de las técnicas modernas de la Ingeniería Industrial tuvieron su auge en el periodo de 1940 a 1946. Los tiempos estándares predeterminados, la Ingeniería del valor y los análisis de sistemas son de ese periodo. Fueron extendidas, depuradas en los años subsiguientes, pero fueron desarrolladas y utilizadas en el ambiente del esfuerzo de la guerra.

La Investigación Operativa se originó durante la Segunda Guerra Mundial, donde uno de los más fascinantes efectos fue la actividad que se conoce como Investigación de Operaciones. Éste método básicamente, es un proceso de aplicación de técnicas estadísticas y de las altas matemáticas a la solución de problemas reales. Desarrollada como una ayuda al esfuerzo de guerra en la Gran Bretaña, fue adoptada por los Estados Unidos rápidamente. Su original uso militar ha sido adaptado a la solución de problemas de empresas e industrias en todo el mundo.

Durante la Segunda Guerra Mundial se usaron los estudios de Investigación Operativa en muchos problemas incluyendo los primeros usos del radar, la determinación del tamaño óptimo de los convoyes de barcos mercantes para mantener las pérdidas al mínimo y la probabilidad de interceptar los aviones enemigos.

La investigación operativa se utiliza para resolver el problema en equipo en el cual individuos de diferentes conocimientos y experiencias contrastan sus opiniones. El equipo estudia primero y se pone de acuerdo sobre la formulación del problema. Entonces aplica el sentido común a diversas técnicas matemáticas a las variables del problema e intenta obtener las soluciones óptimas.

El periodo posterior a la Segunda Guerra Mundial, en el desarrollo de la Ingeniería Industrial llegó un gran número de nuevas actividades y la aplicación de sus principios y técnicas se extendió notablemente.

Observando el periodo de la postguerra, pueden ser analizados muchos factores significativos; el impacto de alguno de ellos no se ha manifestado todavía totalmente. Las limitaciones de espacio impiden una completa explicación de todos los nuevos desarrollos; en forma sintetizada mencionaremos seis significativas actividades y técnicas de la Ingeniería Industrial en ese periodo.

- 1- La Ingeniería Industrial y el ordenador.
- 2- Desarrollo del diseño y análisis de sistemas.
- 3- Aplicación de métodos estadísticos y matemáticos.
- 4- Técnicas de planificación por grafos o redes y su aplicación.
- 5- Ingeniería del valor.
- 6- Ciencias del comportamiento y factores humanos.

## CAPÍTULO II

# TÉCNICAS ANALÍTICAS DE LA INGENIERÍA DE MÉTODOS

La Ingeniería de Métodos se refiere no solamente al establecimiento del método que tiene a su disposición una amplia variedad de técnicas analíticas, que pueden ser usadas individualmente o en combinación, dependiendo de la profundidad del estudio.

La clave de la aplicación de cada técnica de Ingeniería de Métodos radica en la actitud interrogativa, estas técnicas son herramientas con las cuales el analista puede revisar cada aspecto del proceso. Las principales técnicas de ingeniería de métodos incluyen diagramas de proceso, análisis de operaciones, estudio de movimientos, muestreo del trabajo, medición de trabajo e ingeniería o análisis del valor.

## II A. EL DIAGRAMA

El Diagrama es un dibujo de flujo que sirve para representar un objeto indicando la relación entre elementos, o mostrando el valor de una magnitud: Es la representación gráfica de una sucesión de hechos u operaciones, (por medio de representaciones geométricas en un plano).

### II.A.1. DIAGRAMA DE PROCESO

Los diagramas de proceso presentan gráficamente los sucesos que ocurren durante una serie de acciones u operaciones, para que éstas puedan ser fácilmente visualizadas y analizadas. Un gráfico de proceso provee una descripción sistemática de un proceso o ciclo de trabajo, con suficiente detalle para desarrollar mejoras de métodos y clasifica las actividades que ocurren durante un proceso en cinco clases: operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos.

La mayor parte de los diagramas combinan escritos, gráficos y representaciones visuales, lo que promueve la participación completa de cada uno de los interesados. La clasificación y sus símbolos han sido definidos por la American Society of Mechanical Engineers. Finalmente, los diagramas son excelentes instrumentos para la presentación de propuestas para mejoras de métodos a todos los niveles de la dirección.

#### II.A.1.a. ACTIVIDADES DEL DIAGRAMA DE PROCESO

De acuerdo con la norma para diagramas de proceso adoptada por la American Society of Mechanical Engineers en 1947, las actividades del diagrama de proceso son clasificadas bajo cinco denominaciones o títulos: operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos.

Las siguientes definiciones son las correspondientes a estas actividades.



CAMBIAR

**Operación.-** Una operación tiene lugar cuando un objeto es modificado intencionadamente en sus características físicas o químicas, es acoplado o separado de otro objeto o es ordenado o dispuesto para otra operación, transporte, inspección o almacenamiento. También se realiza una

operación cuando se da o recibe información, o cuando tiene lugar una planificación o cálculo.



MOVER

**Transporte.-** Tiene lugar un transporte cuando un objeto es movido de un lugar a otro, excepto cuando tales movimientos son parte de una operación o son causados por el operario en el puesto de trabajo durante una operación o inspección.



VERIFICAR

**Inspección.-** Una inspección tiene lugar cuando un objeto es examinado para su identificación o es verificado en su cantidad o en la calidad de alguna de sus características



ESPERAR

**Espera.-** Una espera tiene lugar para un objeto cuando las condiciones, excepto aquellas que intencionadamente cambian las características físicas o químicas del objeto, no permiten o no requieren la inmediata realización de la siguiente acción planeada.



PROTEGER

**Almacenamiento.-** Un almacenamiento tiene lugar cuando un objeto es mantenido y protegido contra movimientos no autorizados.



**Actividades Combinadas.-** Cuando son realizadas dos actividades simultáneamente o en el mismo puesto de trabajo, los símbolos pueden ser combinados (el ejemplo representa una combinación de operación e inspección).

### II.A.1.b. DIAGRAMA DEL PROCESO DE UNA OPERACIÓN

Un diagrama de operación muestra solamente las operaciones e inspecciones realizadas durante un proceso, la secuencia de inspecciones y de todas las operaciones, excepto aquellas que implican una manipulación de material. Es diseñado para dar una rápida comprensión del trabajo que debe hacerse para obtener un producto dado. Hace posible un estudio de las operaciones e inspecciones, así como la mejor secuencia que puede ser desarrollada.

La mayor ventaja de un gráfico de operación es su simplicidad, capacita al ingeniero de métodos para visualizar las relaciones entre operaciones o procesos, sin mostrar las actividades confusas de manipulación de materiales.

De las cuatro consideraciones principales: materiales, operaciones, inspecciones y tiempos, se analiza primero el material. Todos los materiales alternativos, acabados y tolerancias son evaluados en función del funcionamiento, fiabilidad, servicio y costo. Después son revisadas para posibles alternativas de proceso o de métodos de fabricación, mecanización o montaje para cambiar herramientas o equipos. Las inspecciones son revisadas en sus niveles de calidad, para la sustitución por técnicas

de muestreo en proceso o para la ampliación del puesto de trabajo con operaciones relacionadas.

### **II.A.1.c. DIAGRAMA DE FLUJO**

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos que suceden durante un proceso o procedimiento. Estos diagramas son similares a los de operación, pero incluyen transporte de materiales y actividades de almacenamiento. Parecidos a los diagramas de operación, los de flujo también ayudan a descubrir medios de combinar o eliminar operaciones o inspecciones. Son valiosos, porque ilustran gráficamente las operaciones de transporte y manipulación de materiales que representan una parte importante del costo del producto.

El diagrama del material sigue las etapas realizadas en un componente o material durante el procedimiento. El diagrama del operario sigue a una persona indicando todas las actividades que realiza. El diagrama del material es el más útil para un análisis a vista de pájaro de las operaciones de producción, mientras que el diagrama del operario es mejor para el mantenimiento u operaciones de servicio. El diagrama de flujo puede incluir informaciones tales como el tiempo requerido para completar una actividad o la distancia recorrida. Pueden hacerse con relación al material, presentando el proceso en términos de sucesos que le ocurran al material, o con relación al hombre, presentando el proceso en términos de las actividades de este es posible, a menudo, reducir sustancialmente el coste de la realización de un proceso.

Los diagramas de flujo pueden ser utilizados con efectividad por supervisores de producción, así por ingenieros de métodos. Han sido usados en fábricas, oficinas, bancos, almacenes y hoteles.

### **II.A.1.d. DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES**

Los diagramas de procesos con actividades múltiples que presentan gráficamente el tiempo coordinado de trabajo y paro de dos o más hombres, dos o más máquinas o cualquier combinación de hombres y máquinas; por esta razón, el diagrama de actividades múltiples es llamado, a veces "Diagrama Hombre-Máquina". Un diagrama de actividades múltiples consiste en rayas dibujadas sobre una escala de tiempo para representar la relación entre el tiempo de trabajo y el paro.

Con el uso de un diagrama de actividades múltiples, el analista puede reordenar el ciclo de trabajo del hombre o de la máquina o de ambos, y entonces desarrollar una combinación de actividades más efectivas. A veces es posible incluir la realización de trabajo adicional durante el ciclo de la máquina o eliminar el tiempo de la mano de obra adicional incluida en una operación realizada previamente, fuera del ciclo de la máquina.



## II.B. ANÁLISIS DE OPERACIONES.

El análisis operacional puede ser definido como un procedimiento sistemático, empleado para estudiar los factores que afectan al método de realización de una operación y alcanzar la máxima economía.

El análisis de operaciones o análisis operacional ha sido llamado "Sentido Común Aplicado Sistemáticamente", es un procedimiento usado para estudiar los factores que afectan al método con que se realiza una operación para alcanzar la máxima economía conjunta. La técnica del análisis operacional consiste en aplicar la actitud interrogante separadamente a cada parte de la operación. Se hace un examen completo de cada uno de los siguientes puntos de análisis primario que a continuación se mencionan:

- 1.- Objetivo de la operación.
- 2.- Diseño de la pieza.
- 3.- Análisis del proceso.
- 4.- Exigencias de inspección.
- 5.- Material.
- 6.- Manipulación del material.
- 7.- Distribución del lugar de trabajo.
- 8.- Posibilidades habituales de mejora de trabajo.
- 9.- Condiciones de trabajo.
- 10.- Método.

Aunque el impreso de análisis de una operación da un medio para registrar las mejoras potenciales de método que puedan surgir, el análisis se efectúa en la mente del analista. El impreso de análisis, en si mismo, asegura que los puntos del análisis primario, que son los factores más importantes asociados con una operación. El procedimiento de análisis operacional se ha utilizado sobre todo en la industria, la aplicación sistemática de la actitud interrogativa puede ser utilizada en oficinas, almacenes y bancos.

## II.C. ESTUDIO DE MOVIMIENTOS

El estudio de movimientos consiste en dividir el trabajo en sus elementos mas simples posibles y estudiar estos elementos, separadamente y en relación unos con otros, tanto cualitativa como cuantitativamente. Estos elementos son llamados Elementos Básicos Gilbreth o "Therbligs". El conocimiento de estos elementos proveerá al ingeniero de métodos de la clave para la mejora de la distribución del lugar del trabajo y de la secuencia de movimientos. Los elementos pueden ser clasificados en tres rubros que son: Grupo I, aquellos que efectúan un trabajo; Grupo II, los que lo retrasan, y Grupo III los que no lo realizan.

Como resultado del estudio de movimientos, se puede sintetizar el método más eficiente para la operación. Aunque se pueden usar efectivamente todos los procedimientos de ingeniería de métodos, para eliminar operaciones innecesarias tales

como diagramas de proceso y análisis operacional, además de todas aquellas operaciones que permanecen y pueden ser objeto de un examen más severo por el estudio de movimientos. Si la operación que se estudia es altamente repetitiva, la eliminación de los que parezcan movimientos inconsecuentes pueden producir ahorros significativos.

GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III
Alcanzar	Cambiar de dirección	Sujetar
Mover	Pre – posicionar	Espera Evitable
Agarrar	Buscar	Espera Inevitable
Posicionar	Seleccionar	Descanso para vencer la Fatiga
Desacoplar	Planear	
Soltar	Espera Equilibrada	
Examinar		
Hacer		

TABLA II. 1 Elementos básicos Gilbreth clasificados con respecto a la ejecución de los trabajos

El estudio de movimientos comprende la investigación y medida de los movimientos necesarios para la ejecución de cualquier trabajo, su subsiguiente perfeccionamiento y la aplicación de métodos más productivos y más fáciles. El punto de partida de toda investigación son las necesidades y problemas del operario. El propósito final es facilitarle el trabajo con un mínimo de esfuerzo y un máximo de eficiencia.

Cuando se hace un estudio de métodos, el analista primero reduce la tarea a sus elementos básicos (Gilbreth), tales como alcanzar, agarrar, posicionar o similares. Después de este análisis detallado del método actual, los movimientos elementales son estudiados para desarrollar un método mejorado. Esta técnica es, también, cuidadosamente analizada para determinar si se puede encontrar mejoras mediante otro método (este procedimiento continúa hasta que no aparecen posibles mejoras del método).

### II.C.1. REGISTRO DE LOS MÉTODOS ACTUALES

En los primeros años del siglo XX, las técnicas de estudios de movimientos son extremadamente flexibles y adecuadamente empleadas, aun hoy día no han perdido esta flexibilidad; antes al contrario, se ha aumentado con el moderno desarrollo de aparatos y experiencias. Sin embargo, se observa en los últimos años una tendencia a normalizar y por tanto a limitar el uso de algunas técnicas de estudio de movimientos.

Por ejemplo se insiste frecuentemente que la técnica del diagrama de proceso es suficiente en nueve de cada diez investigaciones y que el estudio de micromovimientos debe ser reservado para la producción en masa, también para las operaciones repetitivas en gran escala, descartando por completo el estudio de la trayectoria del

movimiento, excepto para el Cronociclógrafo, que se considera como una técnica de laboratorio, útil tan solo para investigaciones de tipo teórico.

Los diagramas de proceso abarcan desde los diagramas de flujo que comprenden la circulación de los materiales a través de una serie de procesos, hasta el más detallado diagrama de ambas manos, en el que se registran los pequeños movimientos de cada mano.

El estudio de micromovimientos asimismo va desde su aplicación, al simple registro de movimientos, mediante los diagramas de Therbligs, confeccionados a partir de la observación directa, hasta los simogramas con la máxima precisión de detalles, incluso con las relaciones de tiempos entre las diversas fases del trabajo. Pero en cada caso, el análisis se basa en la finalidad de cada elemento. El tercer aspecto o sea la trayectoria del movimiento, se estudia más bien como un conjunto de herramientas afines, que como un juego de herramientas idénticas de distintos tamaños. El diagrama de hilos se puede hacer a una escala tanto o más general que el diagrama de proceso, incluso con tanto detalle como un diagrama de ambas manos. En muchos casos una simple composición mental puede ser suficiente para examinar este aspecto de una serie de movimientos, dando una idea del método de trabajo.

## **II.C.2. TÉCNICAS PARA EL REGISTRO DE LOS MÉTODOS ACTUALES**

### **II.C.2.a. DIAGRAMA DE PROCESO**

Los diagramas de proceso son el último de los tres principales grupos de técnicas de estudio de movimientos desarrollados por los Gilbreth. Su trabajo sobre los diagramas de proceso lo expusieron en una memoria leída en la American Society of Mechanical Engineers, el año 1921. En este artículo definieron su técnica como sigue:

El diagrama de proceso es un artificio para visualizar un proceso y un medio para perfeccionarlo. Cada detalle de un proceso influenciado por todos los demás, sin embargo, el proceso completo puede presentarse de forma que se pueda apreciar claramente en conjunto, antes de efectuar cambios en sus partes. En cualquier parte del proceso en examen, los cambios efectuados sin tener en cuenta todas las decisiones y todos los movimientos que le proceden y le siguen, pueden ser inadecuados para el objetivo final de la operación... no solamente es el primer paso para representar el "mejor modo de realizar un trabajo", sino que además es útil en cualquier otra fase que derive de él.

## **II.C.3. TÉCNICAS PARA EL REGISTRO DE LOS MÉTODOS ACTUALES**

Gilbreth desarrolló el estudio de micro-movimientos como la primera de sus técnicas de estudio de movimientos. Su primer trabajo publicado sobre este asunto fue un artículo leído a la American Management Association en 1912, nueve años antes de su primera publicación sobre los diagramas de proceso. Dividió todos los movimientos en

elementos de acuerdo con su finalidad llamándolos Therbligs (su mismo nombre escrito al revés).

### II.C.3.a. ESTUDIO DE MICROMOVIMIENTOS

En un principio, el análisis de micromovimientos para convertirlos en therbligs se hizo por observación visual. Cuando fué posible la fotografía de micromovimientos, se obtuvo una mayor precisión analizando las películas de los movimientos.



















El estudio mediante películas es ahora la principal técnica de ese grupo de tres aplicadas al estudio de micromovimientos. El análisis visual de los therbligs se usa todavía cuando no se requiere de una gran precisión, mientras que el estudio con películas a baja velocidad es una técnica desarrollada para cubrir el análisis de movimientos en gran escala y de trabajos con varios operarios. Donde:

**1.- Therbligs.-** De la misma forma que los símbolos empleados en los diagramas de proceso se usan como base para muy diversas formas de diagramas. Desde los diagramas de flujo hasta los de ambas manos; los therbligs son la base de varias técnicas de micromovimientos.

Gilbreth no basó sus therbligs en un análisis fisiológico del movimiento, ya que estaba demostrando que el menor movimiento implica la acción en grupos completos de músculos. Su método de clasificación se fundamenta en el análisis del propósito con que el movimiento o parte del movimiento es realizado y no en la naturaleza del movimiento en sí. Por ejemplo, si la mano vacía se mueve hacia un objeto, su propósito es alcanzar dicho objeto. Tres therbligs diferentes se necesitan para distinguir entre sí los siguientes movimientos: transportar en vacío, tomar y transportar con carga; la intención subsiguiente del operario puede ser poner el objeto en un envase o montarlo (antes de su montaje puede ser necesario algún ajuste, al que corresponde el therbligs de posicionar).

**2.- Diagramas de therbligs realizados por observación directa.-** El análisis mediante therbligs se desarrolló mucho antes que las películas cinematográficas fuesen una técnica manejable. Sin embargo, hasta ahora han sido pocos los que la han empleado en su forma más simple, como una técnica de registro con papel y lápiz de las observaciones visuales del movimiento. Se han encasquillado en la idea de que el análisis mediante película tiene además la ventaja de proporcionar información sobre las relaciones de tiempo de los therbligs.

Los que han empleado el análisis del therbligs a partir de la observación directa tal como lo hizo Gilbreth, han descubierto que es una técnica muy útil para el estudio de movimientos. Un diagrama de Therbligs de ambas manos puede hacerse obteniéndose un análisis más preciso que el correspondiente a un diagrama de proceso. Los movimientos se ven desde un punto de vista diferente, ya que los therbligs permiten determinar la finalidad del movimiento, mientras que los símbolos del diagrama de proceso indican concretamente lo que ocurre con las herramientas y los materiales.

THERBLIGS					
SIMBOLO	NOMBRE	COLOR	SIMBOLO	NOMBRE	COLOR
	BUSCAR	NEGRO		INSPECCIONAR	SIENA TOSTADO
	ENCONTRAR	GRIS		PRE - POSICIONAR	AZUL CIELO
	SELECCIONAR	GRIS CLARO		DEJAR CARGA	ROJO CARMIN
	RECOGER	ROJO LACA		TRANSPORTE EN VACIO	VERDE OLIVA
	TRANSPORTE EN CARGA	VERDE		SOSTENER	OCRE ORO
	POSICIONAR	AZUL		DESCANSO PARA VENCER LA FATIGA	NARANJA
	MONTAR	VIOLETA		ESPERA INEVITABLE	AMARILLO OCRE
	UTILIZAR	PURPURA		ESPERA EVITABLE	AMARILLO LIMÓN
	DESMONTAR	VIOLETA CLARO		PLANEAR	MARRÓN

Símbolos y Colores de los Therbligs

**Simograma** (Estudio de películas de micromovimientos).- El diagrama de movimientos simultáneos o simograma, hecho a partir del análisis de una película es la técnica más detallada del grupo de micromovimientos y la que da más precisión en el registro de movimientos. Es también, la técnica más efectiva entre las de estudio de movimientos, para sugerir mejoras. La película, además, tiene otra valiosa aplicación secundaria: Servir de medio para mostrar exactamente a los operarios y encargados donde se hace más necesario un cambio y convencerlos del valor de las mejoras propuestas.

El estudio de movimientos con este método da como resultado principal, información acerca de la relación entre los tiempos de los distintos elementos del movimiento.

El simograma puede adaptarse prácticamente para presentar la información recogida. De la misma forma que los símbolos de los diagramas de proceso se usan en los distintos diagramas de esta clase para representar elementos de muy diferente

magnitud, asimismo, los therbligs pueden representar en el diagrama de un estudio de filmación lenta elementos mas largos y mas complejos que los que generalmente cubren cuando se estudian los movimientos detallados de los miembros.

**3.- Fotografía de Micromovimientos.-** El objetivo original de Gilbreth al hacer las películas cinematográficas fue el de regresar los movimientos de un experto para su examen y posterior demostración, pero pronto descubrió su aplicación en el análisis de therbligs. Tenía que hacer sus películas con una cámara manual y variar la velocidad muy a menudo, debido a deficiencias en la iluminación. Por esto adaptó a la cámara un cronómetro para registrar la velocidad al proyectar la película. Este cronómetro o contador tenía una aguja que daba 20 revoluciones por minuto alrededor del eje de una esfera dividida en 100 partes. Por tanto, cada división representaba 1/2000 de minuto. A esta fracción de tiempo Gilbreth la llamo "parpadeo". Al adaptar el cronómetro a la cámara para registrar la velocidad de la película, Gilbreth descubrió que esto le daba nuevas oportunidades en su análisis, ya que le proporcionaba una medida de tiempo muy precisa, facilitándole la relación de tiempos entre los diversos therbligs. A pesar de que a medida progresaban los trabajos, la técnica de la fotografía cinematográfica fué haciéndose más fácil y más precisa. Gilbreth continuó utilizando el cronómetro o contador como elemento esencial en la medición, no ya del tiempo total, sino de las relaciones entre los tiempos correspondientes a las distintas partes del conjunto.

**4.- Estudio de Movimientos con filmación a baja velocidad (memomovimientos).-** El estudio de movimientos con películas filmadas a baja velocidad es una variación de la técnica de micromovimientos desarrollada por el Dr. Marvin E. Mundel en la Universidad de Purdue. Esta técnica es especialmente útil para estudiar ciclos muy largos y para analizar la actuación de un equipo de obreros en un trabajo.

## II.C.4. ESTUDIO DE LA TRAYECTORIA DEL MOVIMIENTO

En trabajos compuestos de ciclos de movimientos cortos y reiterativos, la longitud de la trayectoria tiene frecuentemente menos importancia que su forma y la posibilidad de presentar obstrucciones y cambios de dirección. En este tipo de trabajo, muchos de los movimientos son de la mano y el brazo y deben estudiarse con mucho detalle. Se pueden registrar y estudiar mediante el cronociclógrafo, o si esto no es practicable, utilizando un dibujo a lápiz de la trayectoria del movimiento, hecho por observación directa.

El otro tipo fundamental de trayectoria de movimiento que debe ser estudiado, es el de movimientos generales efectuados por operarios que ejecutan trabajos cubriendo una extensa área de la fábrica y en los que se invierte un tiempo considerable. Cuando estos movimientos siguen un ciclo regularmente repetido, de poca complejidad, pueden ser suficientes los diagramas de circulación realizados a partir de la observación directa; cuando siguen una secuencia irregular o son muy complejos, se hacen diagramas de "hilos" a partir de las observaciones visuales. Cuando se necesita más precisión o una información mas detallada, se puede efectuar un estudio de movimientos con filmación lenta para obtener un registro de la trayectoria del

movimiento, susceptible de expresarse tanto en un diagrama de "hilos". Cuando varios operarios trabajan conjuntamente en equipo o cuadrilla se puede hacer, a partir de la película, un diagrama de líneas multioperario. También se puede usar el diagrama de hilos para registrar pequeños movimientos de la mano o del brazo y los movimientos del material en el puesto de trabajo.

La técnica del cronociclógrafo es la más precisa y detallada de las utilizadas para estudiar la trayectoria de un movimiento. Es una técnica fotográfica que registra la trayectoria del movimiento como una figura de trazos. Esta figura se obtiene tomando una fotografía, preferiblemente estereoscópica, de la trayectoria del movimiento realizado por el operario en un ciclo simple de trabajo. Se colocan unas luces en la mano del operario. La película se expone durante toda la duración del ciclo de trabajo. Por esta causa, el obturador de la cámara permanece abierto durante todo el ciclo y el Cronociclógrafo registra en un solo fotograma y con una sola exposición la trayectoria del movimiento que tiene lugar en un periodo determinado de tiempo. El investigador puede considerar el movimiento como un todo y también comparar y examinar sus distintas partes. De la forma y el espaciado de los trazos puede obtener información sobre la aceleración y desaceleración, lo que le permite darse cuenta de las fluctuaciones que sugieren que hay obstáculos en la trayectoria del movimiento. Tomando una serie de cronociclogramas de diferentes ciclos, superpuestos en un mismo en un mismo filme o en el proyector, el investigador puede descubrir si el ritmo mejora o empeora, variando o no variando la trayectoria del movimiento.

La normalización de los sistemas para tomar cronociclogramas los ha hecho tan fáciles de realizar que ahora pueden utilizarse para el registro y medida de los movimientos, primera fase de la investigación para el estudio de movimientos. Dado que es una técnica muy especializada, no es de aplicación tan universal como otras muchas técnicas de estudio de movimientos, pero los cronociclogramas son extremadamente útiles.

Cuando la trayectoria del movimiento a estudiar es muy simple y no justifica el tomar un cronociclograma o es muy larga o dispersa en una área demasiado grande para que sea practicable hacerlo, es a menudo útil hacer un esbozo a lápiz por observación directa de los movimientos del operario. Un boceto de esta clase de información menos precisa que un cronociclograma, pero su finalidad no es sustituirlo. Este boceto puede hacerse desde un ángulo inaccesible a la cámara. Puede dar una visión no fotografiada hasta ahora, por ocultación de la trayectoria por materiales u otros elementos. Los cronociclógrafos tienen a menudo un campo visual bastante restringido. Además, son poco efectivos cuando el movimiento es muy pequeño.

El movimiento de materiales o la secuencia de los movimientos de un operario que hace desplazamientos muy amplios, pueden registrarse en el plano de la sala o puesto de trabajo como un diagrama de flujo, empleando o no los símbolos del diagrama de proceso.

Las técnicas descritas hasta ahora para estudiar la trayectoria del movimiento son solamente útiles cuando los ciclos de movimiento se repiten una y otra vez bajo la misma secuencia y forma. Muchos tipos de trabajo por ejemplo en las fábricas textiles muestran ciclos de movimientos que, si bien constan de elementos u operaciones que se repiten constantemente, nunca se presentan dos veces la misma secuencia, y no pueden, por tanto, estudiarse si no es por partes, mediante cronociclogramas, bocetos a mano o modelos de alambre. Cuando el problema a estudiar es la trayectoria detallada del movimiento de materiales, el movimiento de las manos del operario en el área de trabajo inmediata o el camino recorrido al moverse desde un puesto de trabajo a otro, debe prolongarse el análisis a un largo periodo de trabajo, para tener un cuadro equilibrado de esas trayectorias. Se puede hacer una película, para obtener una amplia información o, más simple, pueden registrarse las secuencias de los movimientos durante un periodo de varias horas. En ambos casos, si se debe analizar y mejorar la información se necesita una representación visual. A este objeto se le llama la técnica del diagrama de hilos.

Los movimientos del operario deben cronometrarse muy cuidadosamente antes de registrar por escrito ninguna observación. Debe decidirse en que puntos del área de trabajo actúa el operario. A cada uno de estos puntos se le dará un número de código. Estos pueden ser de una serie simple o cuando los puntos son muy numerosos y complejos, pueden hacerse combinaciones de tres o más cifras, representando cada una de ellas diferentes clases de objetos o de lugares en la máquina o en el taller. Al mismo tiempo se representan con letras las diversas operaciones.

La información de la hoja de observaciones tiene otros usos secundarios, por ejemplo, es útil a menudo para saber cuantas veces al día se para cada máquina o cual es la proporción de las diferentes operaciones. Las observaciones hechas de un método nuevo muestran frecuentemente sorprendentes contrastes con las hechas de los métodos antiguos.

Una vez completado el diagrama, se usa para examinar los movimientos como un todo, para ver donde esta situada la mayor concentración de movimientos. Esta técnica es muy utilizada como medio para localizar los puntos débiles y que precisan de un análisis más completo. La cuerda sigue el movimiento del operador o del material. El modelo resultante muestra al investigador que partes del trabajo provocan mayor número de movimientos. Éstas son las partes que precisan una investigación más detallada. Al mismo tiempo, la concentración de cordeles entre varias secciones demuestra la mayor relación entre éstas y sugerirán cambios en la distribución en planta o en el proceso a seguir para acortar la trayectoria del movimiento.

Cuando un operario atiende a varias máquinas y efectúa varias operaciones, diferentes en una secuencia irregular, controlado solo por las necesidades de las máquinas, se puede hacer un diagrama de hilos para el registro de sus movimientos. Esto revelará cualquier irregularidad o complejidad de la trayectoria de los movimientos y podrá sugerir donde debe intentarse algún perfeccionamiento en la organización del trabajo



para reducir la longitud de la trayectoria y dar más oportunidades al operario para atender a las demandas de la máquina.

Los diagramas de hilos son de particular interés al planear una distribución en planta, cuando el movimiento del material y operarios es de gran importancia. Si se debe modificar un plan ya existente, deben hacerse diagramas por separado de todos los movimientos de los operarios y materiales, antes de realizar ningún cambio. Los diagramas deben compararse y los cambios sugeridos por cada uno se coordinan en un solo dibujo de la distribución en planta modificada (teórico), realizando la misma escala. Las observaciones utilizadas al confeccionar los diagramas de hilos originales pueden dibujarse en copias de los planos del proyecto modificado y a su vez compararlas. Puede ser necesario repetir el proceso varias veces hasta lograr una distribución de planta que se adapte a todas las circunstancias. Por el mismo sistema pueden comparar y valorar dos distribuciones diferentes.

### **II.C.5. DESARROLLO DE UN METODO MEJORANDO A PARTIR DEL ANÁLISIS DE UN ESTUDIO DE MOVIMIENTOS**

El objeto del análisis de un diagrama de estudio de movimientos de cualquier clase es obtener ideas para introducir mejoras. El análisis del primer esquema general sugiere normalmente ideas definidas, cuyo efecto y validez deben verificarse haciendo y analizando más diagramas. Los registros subsiguientes pueden ser a la misma escala, pero utilizando técnicas diferentes a fin de examinar otros aspectos del problema; por ejemplo, un diagrama de proceso completando con un diagrama de hilos. Pero lo más frecuente es que un examen general deba ir seguido de un examen más preciso de algunas partes; Por ejemplo, el diagrama de proceso de un operario debe ir seguido de un diagrama therbligs de las dos manos, de una de las operaciones del diagrama de proceso; un diagrama de flujo, seguido de un diagrama de proceso de un operario o de una operación de su parte central.

#### **II.C.5.1. ANÁLISIS DE UN DIAGRAMA DE PROCESO**

En el análisis de un diagrama de proceso, la norma descrita antes se aplica sin modificación. Cada parte y cada símbolo se deben examinar desde el punto de vista de los cuatro conceptos de: necesidad, secuencia, combinación y simplificación. Las diferencias surgidas de este examen se incorporan a un posible diagrama de proceso a la misma escala. Los símbolos del diagrama original con sus números originales se transfieren al nuevo diagrama para poder hacer una comparación

#### **II.C.5.2. ANÁLISIS DE UN DIAGRAMA DE SIMOGRAMA**

Como un simograma es un tipo de registro muy detallado, es preciso una cuidadosa subdivisión para que sea fácil su análisis, que puede realizarse en dos o tres etapas. Primero se subdivide en grupos de operaciones muy generales. Algunos diagramas se subdividen naturalmente en grupos cuyo análisis, siguiendo la pauta de los cuatro puntos fundamentales proporciona ideas para la mejora del método. La segunda fase

consiste en la división en subgrupos de los grupos originales, terminando en un análisis de los therbligs individuales, siempre siguiendo el cuestionamiento de los cuatro puntos.

#### **II.D. MUESTREO DEL TRABAJO**

Una de las técnicas más efectivas de la ingeniería de métodos y más frecuentemente empleadas es el muestreo del trabajo. El procedimiento del muestreo de trabajo está basado en el hecho de que un pequeño número de observadores al azar tienden a seguir el mismo de distribución que produce realmente la situación que se estudia. En un estudio por muestreo del trabajo, las observaciones se hacen a intervalos al azar. Durante las observaciones, los tipos de actividades ordenadas son registradas en categorías predefinidas. De la distribución de operaciones al azar se puede predecir la situación de un trabajo particular en cuanto a las proporciones de actividad en cada una de las categorías.

El muestreo del trabajo capacita al observador para reunir datos acerca de una operación, proceso u otra actividad, sin gastos y con seguridad. Estos datos o hechos pueden ser usados posteriormente, para mejorar la efectividad de la operación y reducir costos.

#### **II.E. ESTUDIO DE TIEMPOS**

El estudio de tiempos es un procedimiento empleado para medir la cantidad de tiempo requerida para realizar una tarea dada, de acuerdo con un método específico, por un operario de habilidad media, trabajando con esfuerzo medio, bajo condiciones organizadas. El estudio de tiempos es una tarea especializada que debe ser realizada por ingenieros entrenados en el estudio de tiempos, pero el procedimiento en sí mismo puede ser fácilmente comprendido por todos los niveles de la Dirección.

#### **II.F. MÉTODO MTM DE MEDICIÓN DE TIEMPOS**

El método de medición de tiempos conocido abreviadamente por MTM (Methods Time Measurement) es un procedimiento de medida del trabajo que analiza los movimientos básicos requeridos para realizar cualquier operación manual y asigna a cada movimiento un tiempo estándar, normal o predeterminado, basado en la naturaleza del movimiento y las condiciones bajo las cuales se hace. El procedimiento MTM es particularmente efectivo porque permite al analista realizar un detallado estudio del método mientras determina el tiempo estándar. Esta característica del MTM asegura que los estándares de trabajo no serán desarrollados sin considerar previamente el método.

En la primera etapa del MTM, el analista hace un análisis sistemático de los movimientos requeridos para realizar la operación. Este análisis puede ser realizado en el lugar de trabajo, en un laboratorio de métodos antes del establecimiento del

puesto de trabajo o por visualización, si el analista esta suficientemente familiarizado con la clase de trabajo que se está estudiando.

Después que el analista ha registrado los movimientos básicos, obtiene el tiempo requerido para su realización de las tablas de datos MTM. Estas tablas de datos están basadas en una investigación extensa de los tiempos normales requeridos para realizar movimientos básicos bajo diversas condiciones. Las condiciones físicas implicadas en la realización del movimiento y las condiciones bajo las cuales se ha realizado mientras se ha hecho el análisis.

## **II.G. ANÁLISIS DEL VALOR (INGENIERÍA DEL VALOR)**

El análisis del valor es la más reciente aportación del área general de la ingeniería de métodos. Tiene dos características únicas que la hacen particularmente valiosa para reducir los costos de procesos, procedimientos, sistemas y servicios. Estas características son: el énfasis en la función y el plan de trabajo, que es un enfoque sistemático de mejora del valor.

Donde las cinco fases del plan de trabajo del análisis del valor son:

- 1- Fase informativa.
- 2- Fase creativa.
- 3- Fase de evacuación.
- 4- Fase de investigación.
- 5- Fase de implantación.

El enfoque del análisis del valor consiste en seleccionar el proyecto y reunir datos completos del coste. Las funciones deben quedar exactamente definidas en este punto. Usando la técnica del "brainstorming" se pueden desarrollar métodos alternativos del cumplimiento de cada función.

Durante la fase de investigación, las alternativas desarrolladas durante las fases creativas y de evaluación son examinadas y comparadas para alcanzar la mejor solución posible.

En la fase final, se somete a la aprobación de la dirección de una determinada actuación.

El método funcional de análisis del valor para la reducción de costes puede utilizarse para completar otras técnicas de ingeniería de métodos, que se concentran primariamente sobre el proceso del producto.

## II.G.1. FORMACIÓN DE LA INGENIERÍA DE MÉTODOS

Las técnicas y principios de la ingeniería de métodos deberán ser aplicados en algún grado por cada uno de los miembros de la organización. Por tanto, la formación en ingeniería de métodos es parte esencial de cualquier programa de ingeniería de métodos.

A continuación se mencionan las características de la formación de la ingeniería de métodos

**1.- Formación del analista.-** El analista de ingeniería de métodos debe hacer estudios detallados de métodos y por lo tanto recibirá una formación completa en estas técnicas. Por ejemplo, conocerá las especificaciones de todos los tipos de diagramas de proceso, sus ventajas, desventajas y usos. Recibirá formación no solamente para la aplicación del muestreo del trabajo, sino también en la teoría del muestreo del trabajo en aspectos tales como la exactitud, confianza y número de observaciones. Su conocimiento de las técnicas de medida del trabajo será lo suficiente para capacitarle para hacer un estudio de trabajo utilizando la técnica adoptada por su empresa.

**2.- Formación de supervisores.-** Uno de los aspectos más importantes de un buen programa de ingeniería de métodos es lograr una actitud de cooperación por parte de los supervisores, inspectores, diseñadores de herramientas y otros hombres clave que deben participar en el programa. Estos hombres deben comprender los fundamentos de la ingeniería de métodos para ser capaces de cooperar totalmente con el ingeniero durante la fase de estudio del método y después durante la implantación de la mejora. Además los supervisores tienen una oportunidad única para recomendar áreas de estudio de métodos, ya que están en contacto constante con los operarios y las operaciones de la empresa.

**3.- Formación de la Dirección.-** Debido a que un buen programa de ingeniería de métodos debe recibir el apoyo de la alta Dirección, es esencial una formación, a nivel de estimación para el personal de la alta Dirección.

El programa de formación en ingeniería de métodos para la Dirección puede ser presentado en forma de una vista de conjunto que muestre las ventajas potenciales de cada técnica para que los directores puedan estimar las posibles aplicaciones. Esta formación general también capacitará a los directores para discutir y evaluar las mejoras de métodos generadas por el personal técnico o supervisor.

**4.- Formación de los operarios.-** El máximo potencial de la mejora de métodos no puede ser alcanzado hasta que el operario este utilizando realmente el nuevo método. Luego, un cuidadoso programa de instrucción o adiestramiento del operario es una parte esencial del estudio del trabajo. Los operarios que han sido instruidos para seguir un buen método y que comprenden el importante papel que la ingeniería de métodos juega en la reducción de la fatiga y en el aumento de la eficacia, ayudarán en cualquier programa de ingeniería de métodos.

CAPÍTULO III  
LA INGENIERÍA DE PROYECTOS

---

Un proyecto es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema que tiende a resolver entre muchas, una necesidad humana. De esta forma puede haber diferentes ideas, inversiones de diverso monto, tecnología y metodologías con diverso enfoque pero todas ellas destinadas a resolver las necesidades del ser humano en todas sus facetas, como pueden ser: educación, alimentación, salud, ambiente y cultura e ingeniería.

### **III.A.1. POR QUE SON NECESARIOS LOS PROYECTOS**

Siempre hay a la mano una serie de productos o servicios proporcionados por el hombre mismo. Desde la ropa, los alimentos procesados que consumimos, hasta las computadoras que apoyan el trabajo del ser humano. Todos y cada uno de estos bienes y servicios, antes de venderse comercialmente, fueron evaluados desde varios puntos de vista, siempre con el objetivo de satisfacer una necesidad humana. Por tanto, siempre que exista una necesidad humana de un bien o un servicio habrá necesidad de invertir. En la actualidad una inversión inteligente requiere una base que la justifique. Dicha base es un proyecto bien estructurado y evaluado que indique la pauta que debe seguirse, de ahí se deriva la necesidad de elaborar los proyectos.

### **III.A.2. DECISIÓN SOBRE UN PROYECTO**

Para tomar una decisión sobre un proyecto es necesario someterlo al análisis multidisciplinario de diferentes especialistas. Una decisión de este tipo no puede ser tomada por una sola persona con un enfoque limitado o ser analizada desde sólo un punto de vista. Aunque no se puede hablar de una metodología rígida que guíe la toma de decisiones sobre un proyecto, sí es posible afirmar que una decisión debe estar basada en el análisis de antecedentes de una metodología lógica que abarque todos los factores que participan y afectan al proyecto.

### **III.A.3. EVALUACIÓN DE PROYECTO**

Cada estudio de inversión es único y distinto a todos los demás, la metodología que se aplica a cada uno de ellos tiene la particularidad de poder adaptarse a cualquier proyecto. Las áreas generales en las que se puede aplicar la metodología de la evaluación de proyectos son las que se mencionan a continuación:

- Instalación de una planta totalmente nueva.
- Elaboración de un nuevo producto de una planta ya existente.
- Ampliación de la capacidad instalada o creación de sucursales.
- Sustitución de maquinaria obsoleta o capacidad insuficiente.

Con las adaptaciones apropiadas, ésta metodología se ha aplicado exitosamente en estudios de implantación de redes de microcomputadoras, sustitución de sistemas manuales de información por sistemas automatizados. Aunque los conceptos de oferta y demanda cambien radicalmente, el esquema de la metodología es el mismo.

Aunque las técnicas de análisis empleadas en cada una de las partes de la metodología sirven para hacer una serie de determinaciones, tales como mercado insatisfecho, costos totales, rendimiento de la inversión, el estudio no decide por sí mismo si no que provee las bases para decidir, ya que hay situaciones de tipo intangible, para las cuales no hay técnicas de evaluación y esto se hace en la mayoría de los problemas cotidianos, que la decisión final la tome una persona y no una metodología

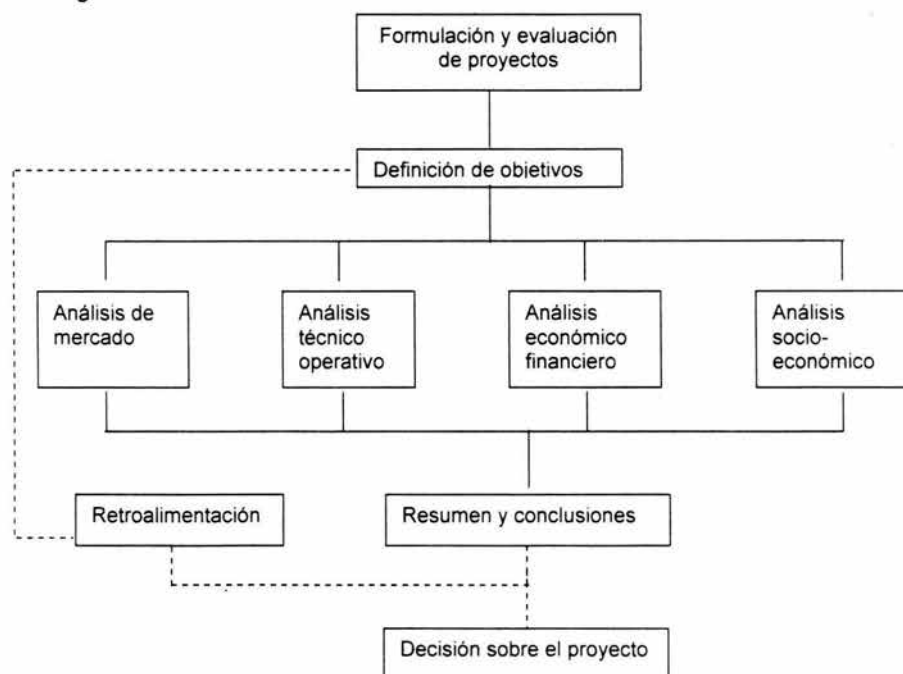


TABLA III. 1 Estructura general de la evaluación de proyectos

### III.A.3.1. LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS COMO UN PROCESO Y ALCANCES

Se distinguen tres niveles de profundidad en un estudio de evaluación de proyectos. Al más simple se le llama perfil, gran visión o identificación de la idea, el cual se elabora a partir de la información existente, el juicio común y la opinión que da la experiencia.

El siguiente nivel se denomina estudio de prefactibilidad o anteproyecto. Este estudio profundiza la investigación en fuentes secundarias y primarias en investigación de mercado, detalla la tecnología que se empleará, determina los costos totales y la rentabilidad económica del proyecto, y es la base que se apoyan los inversionistas para tomar una decisión.

El nivel más profundo y final es conocido como proyecto definitivo. Contiene básicamente toda la información del anteproyecto, pero aquí son tratados los puntos finos. Aquí no solo deben presentarse los canales de comercialización más adecuados para el producto, sino que deberá presentarse una lista de contratos de venta ya establecidos; se deben actualizar y preparar por escrito las cotizaciones de la inversión, presentar los planos arquitectónicos de la construcción o las técnicas para el ensamble de un proyecto de ingeniería. La información presentada en el proyecto definitivo no debe alterar la decisión tomada respecto a la inversión, siempre que los cálculos hechos en el anteproyecto sean confiables y hayan sido bien evaluados.

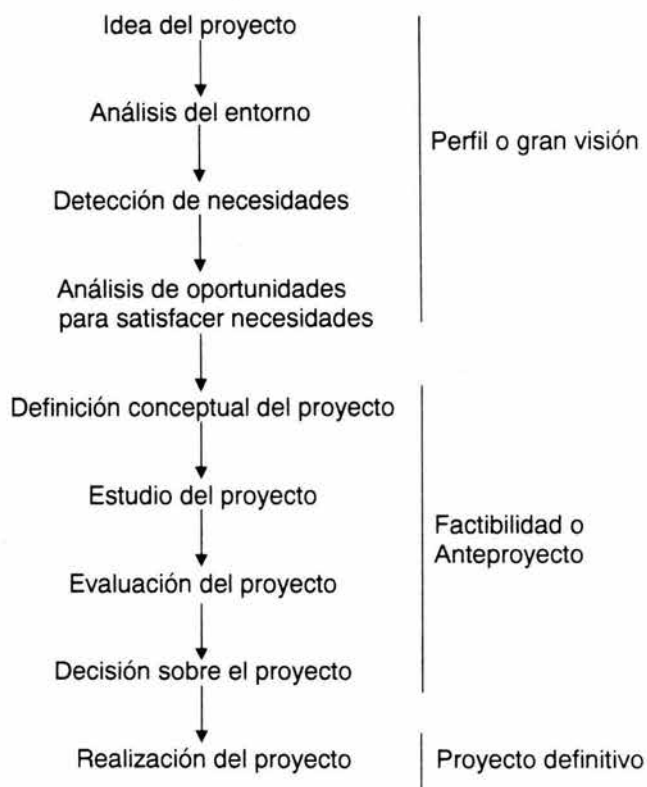


TABLA III.2 Proceso de la evaluación de proyectos

Ya se mencionó que el primer nivel de profundidad en un estudio de evaluación es el perfil, el cual comienza con la identificación de una idea que culmina, tras un proceso con la instalación física en planta.



Todo empieza con una idea. Cada una de las etapas siguientes es una profundización de la idea inicial, no solo en lo que se refiere a conocimiento, sino también en lo relacionado con investigación y análisis. La última parte del proceso es la cristalización de la idea con la instalación física de la planta, la producción del bien o servicio y por último la satisfacción de la necesidad humana o social, que fue lo que en un principio dió origen a la idea y al proyecto.

### **III.A.3.2. ESTUDIO DE MERCADO**

Con este nombre se denomina la primera parte de la investigación formal del estudio. Consta básicamente de la determinación y cuantificación de la demanda y oferta, analisis de los precios y el estudio de la comercialización.

Aunque la cuantificación de la oferta y la demanda puede obtenerse fácilmente de fuentes de información secundarias en algunos productos, siempre es recomendable la investigación de las fuentes primarias ya que proporciona información directa, actualizada y mucho más confiable que cualquier otro tipo de fuente de datos. El objetivo general es verificar la posibilidad real de aceptación del producto en un mercado determinado. El investigador de mercado al final de un estudio meticuroso y bien realizado, podrá sentir el riesgo que se corre y la posibilidad de éxito que habrá con la venta de un nuevo artículo o con la existencia de un nuevo competidor. Aunque hay factores importantes como el riesgo, que no es cuantificable, pero que es perceptible. Por el contrario, la base de una buena decisión siempre serán los datos recabados en la investigación de campo principalmente en fuentes primarias.

### **III.A.3.3. ESTUDIO TÉCNICO**

Esta parte del estudio puede subdividirse a su vez en cuatro partes, que son; determinación del tamaño óptimo de la planta, determinación de la localización óptima de la planta, ingeniería del proyecto y el análisis administrativo.

La determinación de un tamaño óptimo es fundamental en esta parte. Hay que aclarar que tal determinación es difícil, pues las técnicas existentes para su determinación son iterativas y no existe un método preciso y directo para hacer el cálculo. El tamaño depende de los turnos trabajados, ya que para un cierto equipo instalado, la producción varía de acuerdo con el número de turnos que se trabaje.

Acerca de la determinación de la localización óptima del proyecto es necesario tomar en cuenta no solo factores cuantitativos, como pueden ser los costos de transporte, de materia prima y el producto terminado, sino también los factores cualitativos, tales como apoyos fiscales, el clima, la actitud de la comunidad, y otros.

#### **III.A.3.3.a. LA INGENIERÍA DEL PROYECTO**

Sobre la ingeniería de proyecto se puede decir que existen diversos procesos productivos opcionales, que son los automatizados y los manuales. La elección de

alguno de ellos dependerá en gran parte de la disponibilidad de capital. En esta parte están englobados otros estudios como el análisis y la selección de los equipos necesarios, dada la tecnología seleccionada; enseguida la distribución física de tales equipos en la planta, así como la propuesta de la distribución general, en la que por fuerza se calculan todas y cada una de las áreas que formarán la empresa.

Algunos de los aspectos que no se analizan con profundidad en los estudios de factibilidad son el organizativo, el administrativo y el legal. Esto se debe a que son aspectos que merecen ser tratados más a fondo en las etapas de proyecto definitivo

Los costos de producción no son más que un reflejo de las determinaciones realizadas en el estudio técnico. Un error en el costeo de producción generalmente es atribuible a errores de cálculo en el estudio técnico (el proceso de costeo en producción es una actividad de ingeniería).

Por ejemplo: Si se determina que el proceso productivo requiere de 25 obreros y cuando arranca la planta se observa que éstos son insuficientes y que aún faltan tres trabajadores más. El método de costeo que se utiliza en la evaluación de proyectos se llama costeo absorbente. En caso del cálculo del costo de la mano de obra se agrega el 35% de prestaciones sociales al costo anual y de esta cifra se absorben todos los conceptos que estas prestaciones implican. Los costos de producción se anotan y se determinan con las siguientes bases que a continuación se mencionan:

**1.- Costo de materia prima** – No se debe tomar en cuenta sólo la cantidad de producción final que se desea, sino también la merma propia de cada proceso productivo. Si se producirán 50, 000 tornillos de 2 pulgadas de cabeza redonda, y cada tornillo pesa 6.5 gramos, no se deberá comprar material por esta cantidad, ya que cierta cantidad de piezas saldrá defectuosa, ya sea de la cabeza o de la rosca, por tanto un buen cálculo del costo de la materia prima debe tomar en cuenta la producción propia de cada proceso.

**2.- Costo de mano de obra** – Para este cálculo se consideran las determinaciones del estudio técnico. Se divide la mano de obra en directa e indirecta; la mano de obra directa es aquella que interviene personalmente en el proceso de producción, específicamente se refiere a los obreros; la mano de obra indirecta se refiere a quienes aun estando en producción no son obreros, tales como supervisores, jefes de turno, gerente de producción, etc. A todo cálculo de mano de obra, ya sea directa o indirecta se debe agregar un 35% de prestaciones sociales.

**3.- Costos de energía eléctrica** – El principal gasto por este insumo en una empresa de manufactura se debe a los motores eléctricos que se utilizan en el proceso. Para su cálculo se toman en cuenta la capacidad de cada uno de los motores y el tiempo que permanecen en operación por día.

**4.- Costos de agua** – Un insumo importante en algunos tipos de procesos productivos. Lo mínimo a considerar en el consumo son 150 litros por trabajador.

**5.- Combustibles** – Se considera todo tipo de combustible que se utilice en el proceso, tal como gas, diesel, gasolina. En general se calcula como un rubro por separado debido a que algunos procesos productivos el consumo de combustible puede ser muy elevado.

**6.- Control de calidad** – El departamento de control de calidad tiene autonomía y es una función muy importante en la empresa moderna. Realizar un control de calidad al interior de la planta resulta costoso. Si se decide realizar el control de calidad en las propias instalaciones se debe tomar en cuenta que se requiere de una inversión en equipo, de un área disponible, de personal capacitado que realice las pruebas y muchas de ellas requieren de sustancias químicas.

**7.- Mantenimiento** – El cálculo es similar al de control de calidad. Los promotores del proyecto deberán decidir si esta actividad se realiza dentro de la empresa o si se contrata un servicio externo.

**8.- Cargos de depreciación y amortización** – Para calcular el monto de los cargos se utilizan los porcentajes por la ley tributaria vigente en el país. Los cargos de depreciación y amortización, además de reducir el monto de los impuestos, permiten la recuperación de la inversión por el mecanismo fiscal.

**9.- Otros costos** – También existen gastos por detergente, refrigerantes, uniformes de trabajo, dispositivos de protección para los trabajadores. Su importe es tan pequeño en relación con los demás costos.

#### III.A.3.4. ESTUDIO ECONÓMICO

La antepenúltima etapa del estudio es el análisis económico. Su objetivo es ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporcionan las etapas anteriores y elaborar los cuadros analíticos que sirven de base para la evaluación económica. Comienza con la determinación de los costos totales y de la inversión inicial, cuya base son estudios de ingeniería, ya que tanto los costos como la inversión inicial dependen de la tecnología seleccionada. Continúa con la determinación de la depreciación y amortización.

Asimismo, es interesante incluir el cálculo de la cantidad mínima económica que se producirá, llamado punto de equilibrio. Aunque no es una técnica de evaluación debido a las desventajas metodológicas que presenta, sí es un punto de referencia importante para una empresa productiva.

Costo es una palabra muy utilizada, pero nadie ha logrado definirla con exactitud, debido a su amplia aplicación, pero se puede decir que el costo es un desembolso en efectivo o en especie hecho en el pasado, presente y futuro o en forma virtual. Algunos ejemplos los costos pasados que no tienen efecto para propósitos de evaluación, se llaman costos hundidos, a los costos o desembolsos hechos en el presente en una evaluación económica se le llama inversión, en un estado de resultados proforma o

proyectado en una evaluación se utilizarían los costos futuros y el llamado costo de oportunidad sería un ejemplo de costo virtual, así también es el hecho de asentar cargos por depreciación en un estado de resultados, sin que en realidad se haga un desembolso.

### III.A.3.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Esta parte describe los métodos actuales de evaluación que toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, como son la tasa interna de rendimiento y el valor presente neto; se anotan sus limitaciones de aplicación y son comparados con métodos contables de evaluación que no toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo. Esta parte es muy importante, pues es la que al final permite decidir la implantación del proyecto. Normalmente no se encuentra en problemas en relación con el mercado o la tecnología disponible que se empleará en la fabricación del producto; por tanto la inversión recae en la evaluación económica.

### III.A.3.6. ANÁLISIS Y ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO

Este enfoque puede aplicarse en economías inestables a diferencia de otros enfoques de aplicación más restringida. El resultado de una evaluación económica tradicional no permite prever el riesgo de una posible bancarrota a corto o a mediano plazo, lo que sí es posible con esta perspectiva de análisis.

### III.A.4. PLANEACIÓN DEL PROYECTO

Cuanto más largo y complejo sea el proyecto, más tiempo se debe dedicar a su planeación; esto se debe a la dificultad para realizar libremente objetivos definidos que se extienden a largo plazo. El principal propósito de la planeación es dividir los objetivos extensos del contrato en tareas manejables que puedan realizarse en un inmediato, corto, mediano y largo plazo.

#### III.A.4.1. LOS TRES NIVELES DE DEFINICIÓN DEL PROYECTO

Un proyecto puede tener hasta tres niveles de definición, dependiendo de su tamaño y complejidad por lo que:

**Nivel 1. Definición de la propuesta.-** Muchos proyectos son definidos durante la preparación de la propuesta. Esta definición debe contener suficientes detalles para describir cómo será realizado el proyecto y los fundamentos del precio propuesto y de la programación.

**Nivel 2. Control del proyecto.-** Después de firmado el contrato puede ser necesario definir más ampliamente el proyecto para que así la persona responsable pueda controlar adecuadamente el trabajo.

**Nivel 3. Control de actividades.-** Una vez definido el control del proyecto, tal vez sean necesarios más detalles, con el fin de definir los elementos requeridos para realizar cada una de las múltiples actividades. La persona responsable no utiliza esos detalles adicionales para monitorear el progreso total, sino que son instrumentos para comunicar el alcance de cada actividad a la persona o personas responsables. En proyectos grandes y complejos pueden existir diversos estratos que definen el control de actividad, así como existen varios niveles en la delegación de actividades y subactividades.

### **III.B. INTRODUCCIÓN A LA ADMINISTRACIÓN DE UN PROYECTO**

La administración de un proyecto consiste en una operación con un principio y un fin, llevada a cabo para obtener las metas establecidas dentro de los objetivos de costo, programa y calidad. La administración del proyecto reúne aprovecha al máximo los recursos necesarios para completarlo con éxito. Estos recursos incluyen la habilidad, talento y esfuerzo cooperativo de un grupo de personas; instalaciones, herramientas y equipos, información, sistemas, técnicas y dinero.

El concepto de la administración de proyectos como disciplina se desarrolló en la administración del programa espacial de los Estados Unidos de Norteamérica al comenzar la década de los años sesenta; su práctica se extendió rápidamente en el campo gubernamental, militar e industrial.

#### **III.B.1. CICLO DE DURACIÓN DEL PROYECTO**

Cada proyecto pasa a través de un ciclo de duración previsible de cuatro fases, cada una de ellas necesita una habilidad diferente del administrador del proyecto. Las fases del ciclo de duración del proyecto son las siguientes:

- Concepción y duración del proyecto
- Planificación del proyecto
- Puesta en práctica del plan
- Terminación y evaluación del proyecto

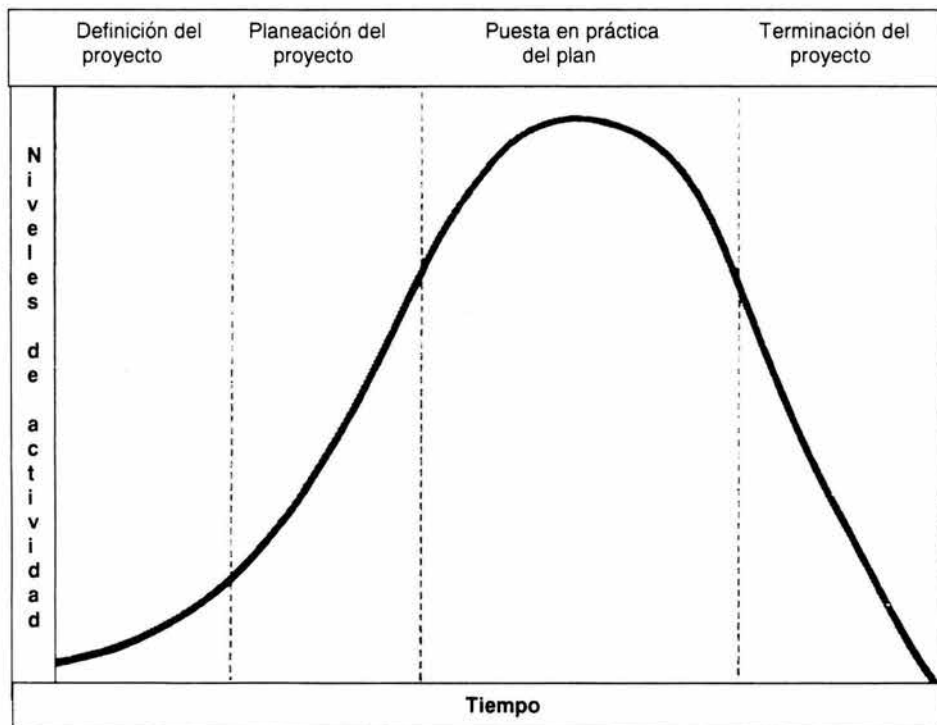


FIGURA III.3 Ciclo de duración de un proyecto

### III.B.2. LOS PARÁMETROS DEL PROYECTO

Durante la duración del proyecto el directivo se concentra en tres parámetros básicos: calidad, costo y tiempo. Un proyecto bien manejado es aquel que se termina con el nivel de calidad especificado en o antes del plazo fijado para el mismo y dentro del presupuesto asignado.

Cada uno de estos presupuestos se especifica durante la fase de planificación del proyecto, luego dichas especificaciones forman la base para el control durante la fase de la puesta en práctica.

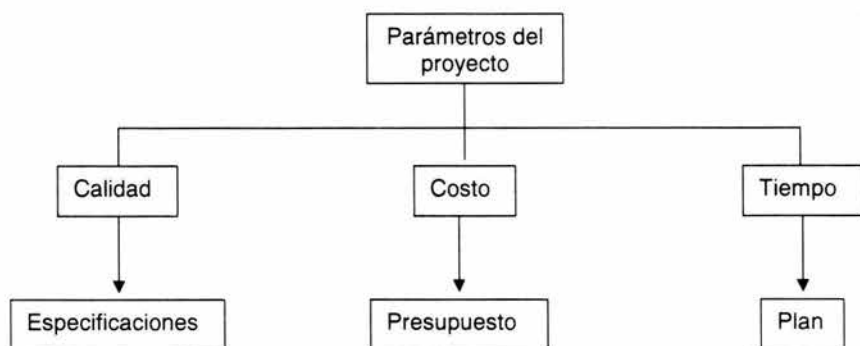


TABLA III.4 Parámetros de un Proyecto

Si existe algún cliente que deba aceptar el proyecto una vez terminado, se deben negociar y aceptar por éste las especificaciones que definan una terminación satisfactoria. Dichas especificaciones deberán incluirse como parte del contrato.

Las especificaciones pueden cambiar durante el curso del proyecto y la persona a cargo del proyecto es responsable de asegurar que el cliente interno o externo está de acuerdo con las especificaciones revisadas, al hacerse una inspección final, el grupo del proyecto y el cliente estén de acuerdo sobre cuáles son los parámetros aceptables.

### III.C. EL ORIGEN DEL PROYECTO

Los proyectos nacen de problemas u oportunidades. En el trabajo pueden iniciarse por la alta gerencia, los clientes o miembros del personal. En la escuela los sugieren los maestros, los alumnos o la administración; en el hogar quizá sea uno mismo o algún miembro de la familia. El proyecto surge cuando alguien reacciona ante cierto nivel de frustración rodeando un problema o cuando alguien ve una oportunidad para una nueva empresa. El proyecto existe al tomarse la decisión de hacer algo sobre el problema u oportunidad y habitualmente se le asigna a alguien la responsabilidad de llevarlo a cabo.

Una vez reunido el núcleo del grupo del proyecto, su primer trabajo consiste en dejar aclarado el proyecto y llegar a un acuerdo entre sus miembros sobre la definición y alcance del mismo, así como las estrategias básicas para llevarlo a cabo.

#### III.C.1. IDEAS SÚBITAS

Las sesiones de ideas súbitas son un procedimiento de forma libre que aprovecha las posibilidades creadoras de un grupo de personas por medio de la asociación de ideas. Dicha asociación trabaja como una corriente de dos direcciones: cuando un miembro del grupo expone una idea, ésta estimula las ideas del resto, las que a su vez, hacen que se le ocurra más ideas al autor de la primera idea. Que a continuación se mencionan, las ideas:

- Enumera todas las ideas ofrecidas.
- No evaluar ni juzgar ninguna idea por el momento.
- No discutir ninguna de las ideas en este momento.
- Puede haber ideas repetidas.
- Mientras más ideas se generen mayor será la posibilidad de encontrar alguna que sirva.

### **III.C.2. ESTRATEGIA PRELIMINAR**

Antes de entrar en un proyecto a gran escala debe efectuarse un estudio de las posibilidades prácticas a fin de ensayar sus estrategias preliminares y responder a esta pregunta básica: ¿Funcionará?. Dependiendo de la naturaleza del proyecto, la respuesta a esta pregunta se encontrara en una o más de tres alternativas. Las opciones consisten en realizar un estudio de mercado, un ensayo de ejemplo o una simulación por computadora.

#### **III.C.2.1. ESTUDIO DE MERCADO**

Si el proyecto consiste en presentar un nuevo producto en el mercado, debe determinar las posibilidades de dicho mercado. La investigación de mercado pregunta a los clientes si su producto satisface las necesidades actuales o consideradas como posibles. También puede examinar productos similares para determinar en qué se diferencia su producto de los que están disponibles en la actualidad.

#### **III.C.2.2. ENSAYO DE EJEMPLO**

Un ensayo de ejemplo es una prueba en pequeña escala del proyecto. Podría ser el ensayo de un producto en el mercado con área limitada, o un modelo funcional de un proyecto de construcción. El ensayo de ejemplo llamado a veces prueba de campo le brinda la oportunidad de observar el comportamiento del producto bajo condiciones actuales.

#### **III.C.2.3. SIMULACIÓN POR COMPUTADORA**

La tecnología actual permite que puedan hacerse modelos de muchas clases diferentes de proyectos con el uso de computadoras. Por ejemplo, se puede predecir la posibilidad del mercado de un producto analizándose los datos demográficos de los usuarios objeto, junto con ciertas suposiciones sobre las necesidades actuales y posibles.

La simulación por computadora se usa en campos tan diversos como la aerodinámica, la termodinámica, el diseño óptico y mecánico. En algunos casos se emplea para ayudar al diseño actual del proyecto, pero el mayor propósito de la simulación es identificar los problemas que puedan presentarse antes que se construya el proyecto.



### **III.D. PLANIFICACIÓN DE LOS TRES PARÁMETROS DEL PROYECTO**

La planificación es de suma importancia en la administración de proyectos, quiere decir que se debe enumerar detalladamente todo lo necesario para terminar el proyecto con éxito siguiendo las tres medidas vitales de la calidad, el tiempo y el costo.

#### **III.D.1. PLANIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE LA CALIDAD**

La meta de la planificación de la calidad es asegurar que el resultado del proyecto funcionará. El plan de la calidad también establece los criterios de la ejecución con los cuales se comparará el resultado del proyecto una vez terminado.

Al planificar la medida de la calidad incluye las especificaciones para la calidad y clase de los materiales que se usarán, el estándar de ejecución debe cumplirse y los medios para verificar la calidad, como por ejemplo: el ensayo y la inspección.

Existen dos técnicas que facilitan la planificación de la calidad: la estructura de la división de trabajo y las especificaciones del proyecto: Donde es primero

La estructura de la división del trabajo es el lugar para comenzar a planificar los tres parámetros de un proyecto: la calidad, el costo y el tiempo; es una técnica que se basa en dividir un proyecto en sub - unidades o paquetes de trabajo. La estructura de la división de trabajo típica se construye con dos o tres niveles de detalles, aunque para proyectos más complicados se requieran más niveles. Se comienza por identificar las subdivisiones lógicas del proyecto, luego la división de cada una de ellas. Según construye una estructura de la división de trabajo, tenga en mente que la meta es identificar una unidad de trabajo que sea discreta y que adelante el proyecto hacia su terminación.

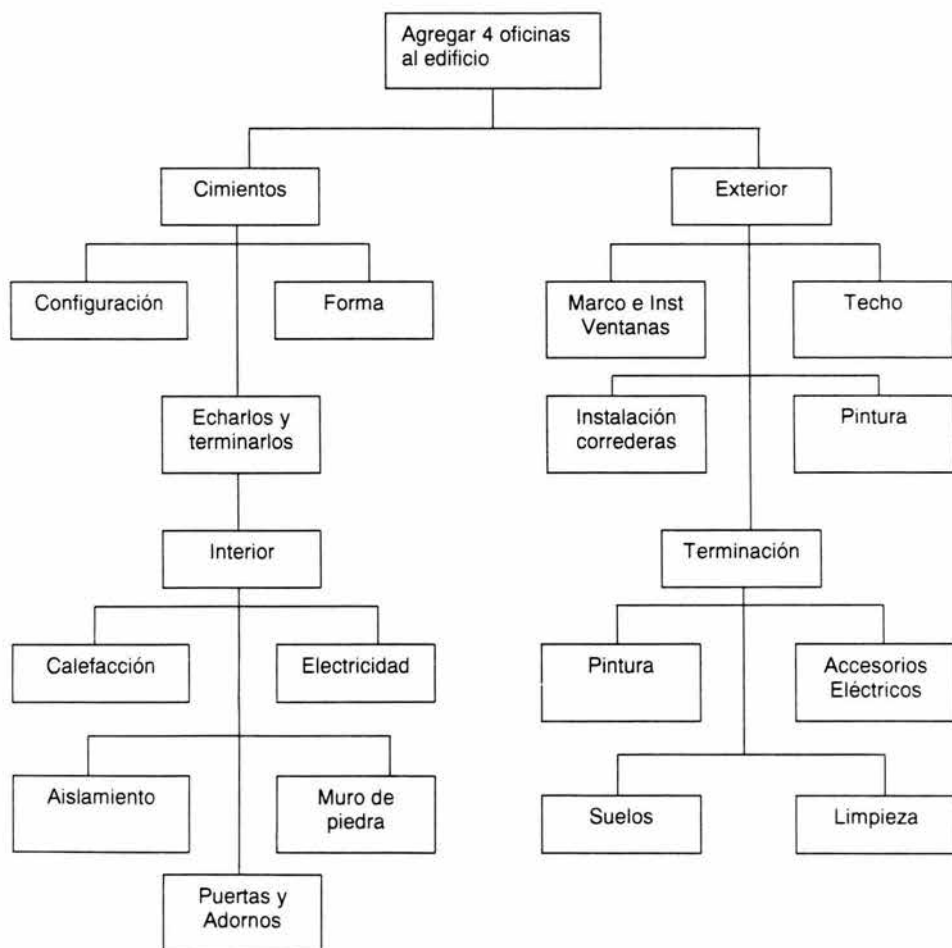


TABLA III.5 Ejemplo de un proyecto de remodelación de la división de trabajo

Y la segunda, que usando la estructura de la división de trabajo se pueden escribir las especificaciones para cada sub-unidad del proyecto. Las especificaciones incluyen todos los requerimientos de importancia para cumplir con la medida de la calidad del proyecto, los materiales que se van a emplear, el estándar que hay que alcanzar, y los ensayos que se harán.

**Ejemplo de especificaciones de un proyecto**

## Cimientos

- Vaciar una placa de concreto de 10 cm. sobre 15 de relleno de arena compactada. Reforzar con malla de alambre de 15 cm. por 15 cm. Instalar una barrera impermeable de membrana de polietileno de 6 mil entre la arena y el concreto.
- Usar vigas de 30 cm. de ancho por 45 cm. de profundidad alrededor del perímetro del cimiento y debajo de las paredes de carga, según los planes. Las vigas incluirán barras de acero forzado #5 en cada esquina colocadas con estribos #3 en centros de 72 cm.
- El concreto resistirá pruebas de 750 Kg. por centímetro cuadrado después de 28 días.

**III.E. PLANIFICACIÓN DE LA MEDIDA DEL TIEMPO**

El objetivo al planificar la medida del tiempo es determinar el tiempo más corto necesario para completar el proyecto. Se comienza con la división del trabajo y determinar el tiempo requerido para terminar cada sub-unidad, después identificará en que secuencia deben terminarse las sub-unidades y en cuales se pueden estar trabajando al mismo tiempo. A partir de éste análisis determinará los tres elementos de tiempo más importantes que son:

- La duración de cada paso.
- Lo más pronto que pueda comenzar un paso.
- Lo más tarde que pueda comenzar un paso.

La planificación de la medida del tiempo sólo puede hacerse por aquellas personas que tengan experiencia en las mismas actividades o similares.

Una vez terminada la duración para sub-unidad del proyecto, el próximo paso es determinar el tiempo de comienzo más temprano y más tarde para cada sub-unidad. Existen dos métodos comúnmente más usados para hacer un diagrama del proyecto: Los diagramas Gantt y los diagramas PERT.

$T_m$  – El tiempo más probable

$T_0$  – El tiempo más optimista (el más corto), dentro del cual se completa solamente 1% de los proyectos similares.

$T_p$  – El tiempo más pesimista (el mayor), dentro del cual se completa 99% de los proyectos similares

$T_e$  – Cálculo del tiempo estimado

$$T_e = \frac{T_0 + 4 T_m + T_p}{6}$$

$\sigma$  = Desviación estándar

$$\sigma = \frac{T_p - T_0}{6}$$

- Dentro del alcance  $T_e + 1$  de la desviación estándar el trabajo se terminará 68.26 % de las veces
- Dentro del alcance  $T_e + 2$  de las desviaciones estándar el trabajo se terminará 95.44 % de las veces
- Dentro del alcance  $T_e + 3$  de las desviaciones estándar el trabajo se terminará 99.73 % de las veces

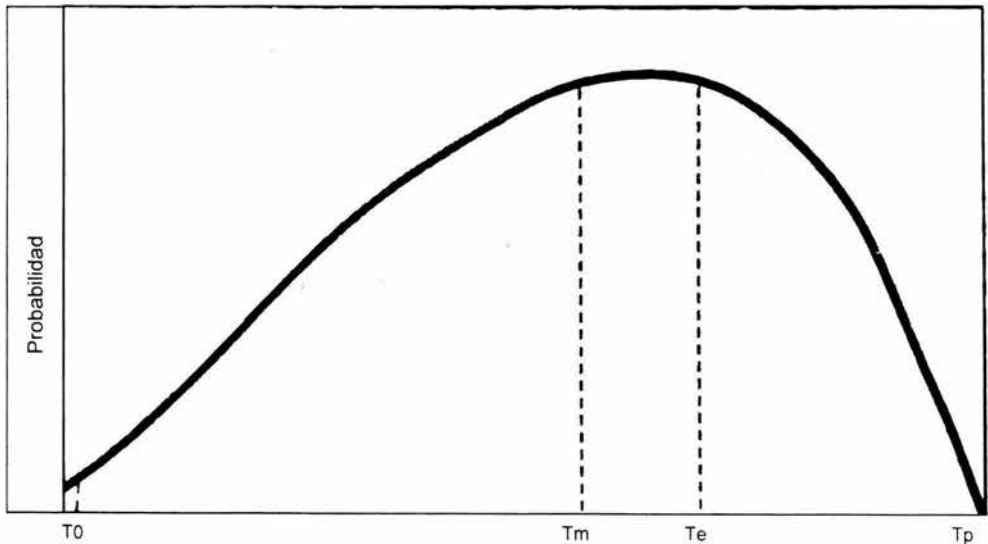


FIGURA III.6 Curva de la medida de tiempo

### III.E.1. EL DIAGRAMA GANTT

El diagrama Gantt es una barra horizontal que muestra gráficamente la relación del tiempo entre los pasos en un proyecto y se le llamaba así en honor de Henry Gantt, el ingeniero industrial que introdujo este procedimiento a principios del siglo XX. Cada paso de un proyecto está representado por una línea situada en el diagrama en el período de tiempo dentro del cual se ejecutará. Una vez terminado el diagrama de Gantt, muestra la secuencia del flujo de las actividades, como también las que se están llevando al mismo tiempo.

Para crear un diagrama de Gantt, enumerar los pasos necesarios para completar un proyecto y la estimación del tiempo requerido para cada paso. Luego enlista los pasos a lo largo del lado izquierdo del diagrama y los intervalos de tiempo a lo largo de la parte inferior. Trazar una línea a través del diagrama para cada paso, comenzando en la fecha de comienzo programada y terminando en la fecha de terminación de dicho paso.

Es posible ejecutar algunos pasos paralelos al mismo tiempo, tomando uno o más tiempo que el otro, permitiendo alguna flexibilidad sobre cuando comenzar el paso más corto, siempre y cuando el plan se haya terminado a tiempo, para continuar con los pasos siguientes. Esta situación se puede mostrar con una línea de puntos que continúe hasta el momento en que el paso se termine.

Cuando su diagrama Gantt esté terminado podrá ver el total del tiempo mínimo para el proyecto, la secuencia apropiada para los pasos y que pasos pueden estarse ejecutando al mismo tiempo.

Los diagramas de Gantt son limitados en cuanto a la posibilidad de mostrar la interdependencia de las actividades. En los proyectos en que los pasos fluyen en una simple secuencia de eventos, pueden darle al administrador del proyecto la información adecuada, cuando varios pasos se están ejecutando a la vez y existe un alto nivel de interdependencia entre diferentes pasos.

### III.E.2. EL DIAGRAMA PERT

Las iniciales de los diagramas PERT, que quieren decir Program Evaluation Review Technique (Evaluación del Programa y Técnica de Repaso) constituyen una forma más sofisticada de la planificación que los diagramas Gantt, y son apropiados para los proyectos que tienen más pasos interactivos. En el diagrama PERT hay tres integrantes: los eventos representados mediante círculos u otras figuras convenientes, cerradas, las actividades representadas por flechas que conectan los círculos y las no actividades que conectan dos eventos y que se representan como flechas formadas por líneas de puntos (una no – actividad representa una dependencia entre dos eventos que no requieren ningún trabajo).



FIGURA III.7 Diagrama Pert

Los diagramas PERT son más útiles si muestran el tiempo planificado para terminar una actividad en la línea de actividades. El tiempo se registra en una unidad apropiada para el proyecto, siendo lo más común los días, aunque también suelen usarse las horas, las semanas y a veces los meses. Algunos diagramas muestran dos números para los tiempos estimados: un estimado alto y un estimado bajo.

Los diagramas PERT más sofisticados se trazan en una escala de tiempo, con la proyección horizontal de las flechas de conexión trazada para representar el tiempo requerido para sus actividades. En el proceso de confeccionar el diagrama a escala, quizá algunas flechas de conexión sean mayores de lo que requiere la terminación de la tarea; ello representa el tiempo muerto en el proyecto y se representa por un punto grueso al final del período de tiempo apropiado, seguido de una flecha formada por una línea de puntos que lo conectan con el evento que le sigue.

El diagrama PERT no sólo muestra la relación entre varios pasos en un proyecto, sino que también sirve como una manera fácil para calcular el camino crítico, que es el camino más largo a través de la red y como tal identifica los pasos esenciales que deben completarse a tiempo para evitar una demora para terminar el proyecto.

La utilidad del diagrama PERT se puede aumentar coloreándose cada paso según se va terminando. El tiempo actual puede escribirse sobre el tiempo estimado, manteniéndose así una cuenta del tiempo actual contra el tiempo planificado a lo largo del camino crítico.

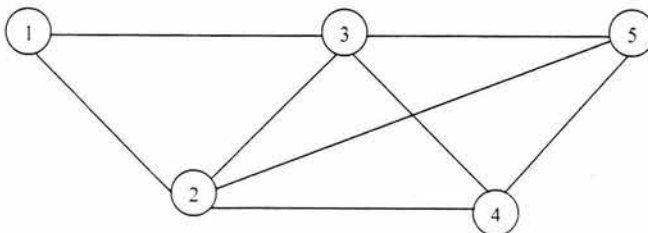


FIGURA III.8 Diagrama Pert

### III.F. PLANIFICACIÓN DE LA MEDIDA DEL COSTO

Existen muchas razones para hacer una planificación cuidadosa del costo del proyecto; para comenzar, si sobrepasa los costos quizá no se apruebe el trabajo antes de poder comenzar por que no está en posición competitiva. Un buen plan comprende la identificación de las fuentes de suministros y materiales. El objetivo principal de un buen presupuesto consiste en supervisar los gastos de un proyecto mientras se encuentra en progreso y evitar los gastos excesivos.

Los componentes típicos del costo son los siguientes:

- Labor.
- Gastos globales.
- Materiales.
- Suministros.
- Alquiler de equipos.
- Gastos administrativos y generales.
- Ganancia.

Es imposible estimar el costo del proyecto mientras no sepa que tiempo durará, ya que el renglón más costoso será que tiempo durarán las labores; por lo tanto se usa la estructura de la división del trabajo y la programación del proyecto como puntos de partida para desarrollar el presupuesto del proyecto. A continuación se definen los componentes del costo:

**Labor.-** Salarios pagados a todo el personal trabajando directamente en el proyecto por el tiempo invertido.

**Gastos globales.-** Costo de los impuestos sobre las nóminas y beneficios suplementarios para todos los que trabajan directamente en el proyecto por el tiempo invertido, calculados como un porcentaje del costo de la labor directa.

**Materiales.-** Costo de los renglones comprados para su uso en el proyecto, incluyendo la madera, cemento, acero, clavos, tornillos, remaches, tuercas y pintura.

**Alquiler de equipo.-** Costo del alquiler usados en el proyecto como son: los equipos como andamios, compresores, grúas, camiones.

**Gastos administrativos y generales.-** Costo de la administración y servicios de respaldo por ejemplo, compras, contabilidad, secretarías, por el tiempo dedicado al proyecto, calculado como un porcentaje del costo del proyecto.

**Ganancia.-** Es un proyecto para obtener ganancias, la recompensa a la compañía por haber terminado el proyecto con éxito, calculada como un porcentaje del costo del proyecto.

CAPÍTULO IV  
SOFTWARE DE APLICACIÓN

---



La computadora es una máquina en verdad que puede desempeñar tantas tareas diferentes en tan diversas áreas de nuestra vida. A principios de la década de 1980, cuando las computadoras personales comenzaron a ganar popularidad, muchos analistas hicieron predicciones audaces acerca de la importancia de la computadora para la sociedad. Las computadoras han llegado a ser tan fundamentales para la sociedad moderna, son herramientas tan flexibles que la mayoría de las personas en el mundo de los negocios las usan todos los días. Las computadoras ahora se consideran esenciales para organizar y manipular conjuntos grandes de números.

En realidad el hombre siempre buscó tener dispositivos que le ayudaran a efectuar cálculos precisos y rápidos. Desde la aparición de las calculadoras binarias hasta nuestros días, hay muy pocas actividades humanas que no estén ligadas en una u otra forma a las máquinas electrónicas. De tal forma podemos definir a la computadora como un dispositivo electrónico capaz de recibir un conjunto de instrucciones y ejecutarlas realizando cálculos sobre los datos numéricos, o compilando y correlacionando otros tipos de información para obtener otro conjunto de datos o información como respuesta.

#### IV.A. LA HERRAMIENTA MULTIUSO

Uno de los primeros dispositivos mecánicos para contar fue el **ÁBACO**, cuya historia se remonta a 3,000 años A.C., desarrollada por los chinos y utilizado por civilizaciones griegas y romanas. Este dispositivo es muy sencillo, consta de un marco rectangular de madera ensartado de varillas en las que se desplazaban bolas agujeradas de izquierda a derecha. Al desplazar las cuentas (bolas) sobre las varillas, sus posiciones representan valores almacenados, y es mediante estas posiciones que se representa y almacena datos. A este dispositivo no se le puede llamar computadora pues carece de un elemento fundamental llamado programa.

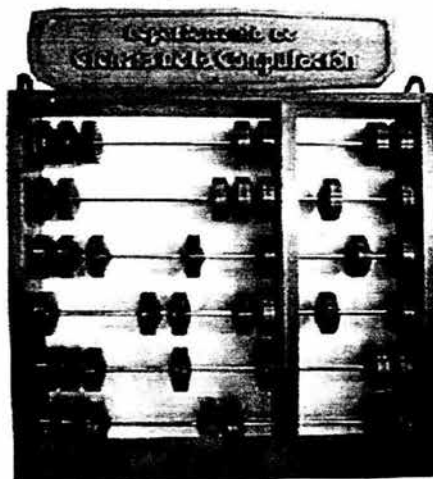


FIGURA IV. 1 Ábaco 300 A.C.

En el siglo XVII, el creciente interés en Europa por las ciencias, tales como la astronomía y la navegación, impulsó a las mentes creativas a simplificar los cálculos, se encontraba en uso "la regla del cálculo", calculadora basada en las invenciones de **Napier** y **Gunther Bissaker**. En 1614, el escocés **Napier** había anunciado el descubrimiento de los logaritmos permitiendo que los resultados de complicadas multiplicaciones se redujeran a un proceso simple de suma; **Edmund Gunther** se encarga de enmarcar los logaritmos de Napier en líneas, por su parte Bissaker coloca las líneas de ambos sobre un pedazo de madera, creando de esta manera la regla del cálculo.

**Blaise Pascal** a la edad de 19 años, además de escribir tratados filosóficos, literarios, científicos y matemáticos inventó una máquina para calcular capaz de realizar sumas y restas, parecida a los cuenta kilómetros de los automóviles, el cual utilizaba una serie de ruedas de 10 dientes en las que cada uno de los dientes representaba un dígito del 0 al 9; las ruedas estaban conectadas de tal manera que podían sumarse números haciéndolas avanzar el número de dientes correctos.

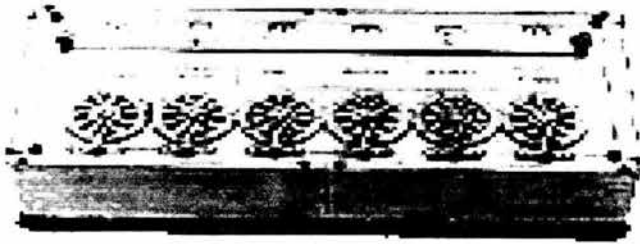


FIGURA IV.2 Máquina de Pascal (Pascalina)

Los conceptos de esta máquina se utilizaron durante mucho tiempo, pero estas calculadoras exigían intervención de un operador, pues este debía escribir cada resultado parcial en una hoja de papel. Esto era sumamente largo y por lo tanto produce errores en los informes.

En 1670, el filósofo y matemático alemán **Gottfried Wilhelm Leibnitz** fue el siguiente en avanzar en el diseño de una máquina calculadora mecánica, perfeccionó la anterior inventada además de añadir la función de multiplicar, efectuaba divisiones y raíces cuadradas.

**Charles Babbage** (1792-1781), profesor de matemáticas de la Universidad de Cambridge, Inglaterra, desarrolla en 1823 el concepto de un artefacto, que él denomina "máquina diferencial". La máquina estaba concebida para realizar cálculos, almacenar y seleccionar información, resolver problemas y entregar resultados impresos. Babbage imaginó su máquina compuesta de varias otras, todas trabajando armónicamente en conjunto: los receptores recogiendo información; un equipo transfiriéndola; un elemento almacenador de datos y operaciones; y finalmente una impresora entregando resultados. Pese a su increíble concepción, la máquina de Babbage, que se parecía

mucho a una computadora, no llegó jamás a construirse. Los planes de Babbage fueron demasiado ambiciosos para su época. Este avanzado concepto, con respecto a la simple calculadora, le valió a Babbage ser considerado el precursor de la computadora. La novia de Babbage, **Ada Augusta Byron**, luego Condesa de Lovelace, hija del poeta inglés Lord Byron, que le ayuda en el desarrollo del concepto de la Máquina Diferencial, creando programas para la máquina analítica, es reconocida y respetada, como el primer programador de computadoras.

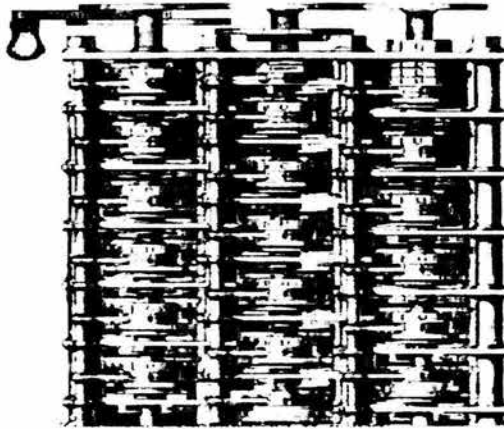


FIGURA IV.3 Máquina de Charles Babbage

**Joseph Jacquard** (1752-1834), industrial francés es el siguiente en aportar algo al moderno concepto de las computadoras, para seguir adelante. Jacquard tuvo la idea de usar tarjetas perforadas para manejar agujas de tejer, en telares mecánicos. Un conjunto de tarjetas constituían un programa, el cual creaba diseños textiles.

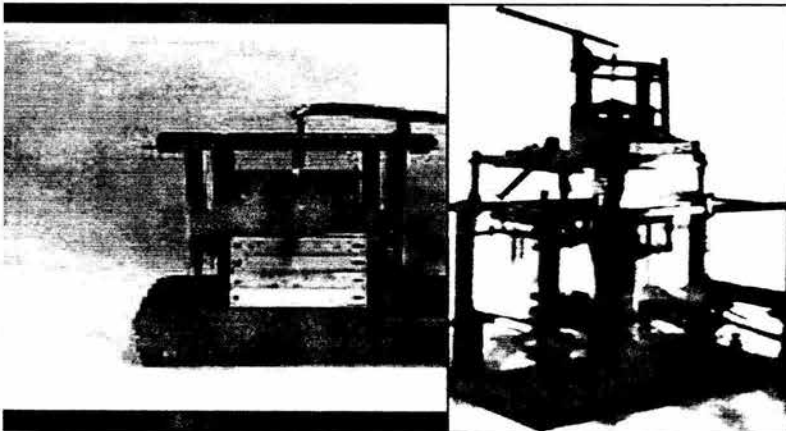


FIGURA IV. 4 Máquina de Tarjetas Perforadas

Una ingeniosa combinación de los conceptos de Babbage y Jacquard, dan origen en 1890 a un equipo electromecánico, que salva del caos a la Oficina de Censo de Estados Unidos de América. **Hermann Hollerith** usa una perforadora mecánica para representar letras del alfabeto y dígitos en tarjetas de papel, que tenían 80 columnas y forma rectangular. La máquina de Hollerith usando información perforada en las tarjetas, realiza en corto tiempo la tabulación de muchos datos.



FIGURA IV.5 Máquina Perforadora Mecánica de H.H.

En el año 1944 se construyó en la Universidad de Harvard, la **Mark I**, diseñada por un equipo encabezada por el **Dr. Howard Aiken**, es esta la primera máquina procesadora de información. La Mark I funcionaba eléctricamente, tenía 760,000 ruedas y relés y 800 km de cable y se basaba en la máquina analítica de Babbage, a pesar de su peso superior a 5 toneladas y su lentitud comparada con los equipos actuales fue la primera máquina en poseer todas las características de una verdadera computadora.



FIGURA IV.6 La Mark I

La primera computadora electrónica fue terminada de construir en 1946, por **J.P.ECKERT y J.W MAUCHLY** en la Universidad de Pensilvania y se llamó **ENIAC** (Electric Numeric Integrator And Calculator); podía multiplicar 10,000 veces más rápido que la máquina de Airen pero tenía problemas pues estaba construida con casi 18,000 válvulas de vacío, era enorme la energía que consumía y el calor que producía; esto hacía que las válvulas se quemaran rápidamente y que las casas vecinas tuviesen cortes de luz.

En la década de 1940 y 1950, las computadoras eran máquinas para propósitos especiales que solo instituciones podían costear: los ejércitos, universidades. Las primeras computadoras como la gigante ENIAC y la UNIVAC (Universal Automatic Computer; Computadora Universal Automática), eran tan grandes que abarcaban un gran espacio. Aun con sus enormes cerebros electrónicos, basados en tubos de vacío usado en los aparatos de radio y televisión.

En la década de 1960, las computadoras modernas empezaron a revolucionar el mundo de los negocios. IBM introdujo su macrocomputadora sistema / 360 en abril de 1964. Como resultado del éxito comercial de su sistema se convirtió en el estándar contra el cual serían medidos durante muchos años otros fabricantes de computadoras y sus sistemas.

En la década de 1970, con la introducción de sus computadoras PDP - 11 y VAX Digital Equipment Corporation (DEC) dio otros dos pasos gigantescos para llevar a las computadoras un uso común. Estos modelos venían en muchos tamaños para satisfacer diferentes necesidades y presupuestos. Hoy en día el tipo más común de computadora se llama computadora personal o PC, porque está diseñada para ser usada por una sola persona a la vez. A pesar de su tamaño pequeño, es más potente que cualquiera de las máquinas del tamaño de un cuarto de las décadas de 1950 y 1960.



FIGURA IV.7 La primer Computadora ENIAC

Considerado como el padre de las computadoras el matemático **JOHNN VON NEUMANN** propuso almacenar el programa y los datos en la memoria del ordenador, su idea fundamental era permitir que en la memoria coexistan datos con instrucciones, para que entonces la computadora pueda ser programada en un lenguaje, y no por medio de alambres que eléctricamente interconectaban varias secciones de control, a este se le llamó **EDVAC** (Electronic Discrete Variable Automatic Computer).

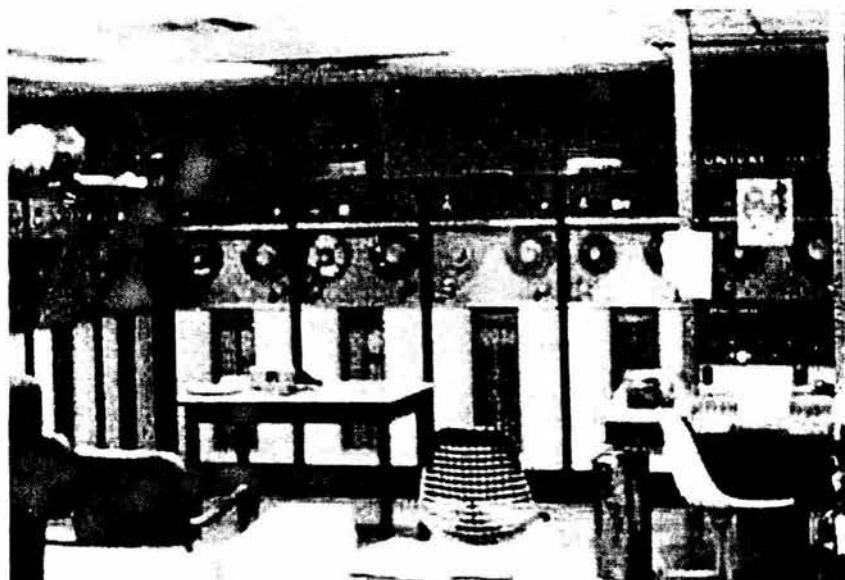


FIGURA IV. 8 La computadora EDVAC

Todo este desarrollo de las computadoras suele dividirse por generaciones y el criterio que se empleó para determinar el cambio de generación no está muy bien definido, pero por lo menos deben cumplirse al menos los siguientes requisitos: La forma en que están construidas y la forma en el ser humano se comunica con ellas.

#### IV.A.1. GENERACIONES DE COMPUTADORAS

A la par con el papel creciente de las computadoras en los negocios. Actualmente se usan computadoras de todos tamaños y formas para cualquier propósito desde el diagnóstico de enfermedades en la medicina hasta el monitoreo de pacientes durante una cirugía y el control permanente de prótesis.

##### IV.A.1.a. GENERACION CERO (1942 - 1945)

Comenzaron a construirse a principios del siglo XX los primeros ordenadores analógicos, que realizaba los cálculos mediante ejes y engranajes giratorios. Con

estas máquinas se calculaban las aproximaciones numéricas de ecuaciones demasiado difíciles como para poder ser resueltas mediante otros métodos.

La generación cero que también abarcó la década de la segunda guerra mundial, un equipo de científicos y matemáticos crearon lo que se considera el primer ordenador digital totalmente eléctrico: **EL COLOSSUS**, este incorporaba 1,500 válvulas o tubos de vacío y era ya operativo, fue utilizado por el equipo dirigido por Alan Turing para decodificar los mensajes de radio cifrados por los Alemanes.

#### IV.A.1.b. PRIMERA GENERACION (1951 - 1958)

En esta generación había un gran desconocimiento de las capacidades de las computadoras, puesto que se realizó un estudio en esta época que determinó que con veinte computadoras se saturaría el mercado de los Estados Unidos de América en el campo de procesamiento de datos. Estas tenían las siguientes características:

- Emplearon bulbos (válvulas al vacío) para procesar la información.
- Esta generación de máquinas eran muy grandes y costosas.
- Alto consumo de energía.-El voltaje de los bulbos era de 300 V y la posibilidad de fundirse era grande, además de que requerían de sistemas de aire acondicionado especial.
- Uso de tarjetas perforadas.-Se utilizaba un modelo de codificación de la información originado en el siglo XIX, las tarjetas perforadas.
- Almacenamiento de información en tambor magnético interior.-Un tambor magnético dispuesto en el interior de la computadora, recogía y memorizaba los datos y los programas que le suministraban mediante tarjetas.
- Lenguaje máquina.- La programación se codificaba en un lenguaje muy rudimentario denominado "Lenguaje Máquina" el cual consistía en la yuxtaposición de largos bits o cadenas de ceros y unos, la combinación de los elementos del sistema binarios era la única manera de "instruir a la máquina", pues no entendía más lenguaje que el numérico.
- Tenían aplicaciones en el área científica y militar.
- Eckert y Mauchly contribuyeron al desarrollo de las computadoras de la primera generación, formando una compañía privada y construyendo la UNIVAC I, la cual se utilizó para evaluar el censo de 1950 en los Estados Unidos.

En las dos primeras generaciones, las unidades de entrada utilizaban tarjetas perforadas, retomadas por Herman Hollerith, quien además fundó una compañía que con el paso del tiempo se conocería como **IBM** (Internacional Business Machines). Después se desarrolló la **IBM 701** de la cual entraron 18 unidades entre 1953 y 1957.

La computadora más exitosa de esta generación fue la **IBM 650** la cual usaba un esquema de memoria secundaria llamado tambor magnético que es el antecesor de los discos actuales.

#### IV.A.1.c. SEGUNDA GENERACION (1959-1954)

La segunda generación se basa en el funcionamiento del transistor, lo que hizo posible una nueva generación de computadoras más pequeñas, más rápidas y con menores necesidades de ventilación, por todos estos motivos la densidad del circuito podía ser aumentada significativamente, lo que quería decir que los componentes podían colocarse mucho más cerca unos de otros y así ahorrar mas espacio.

Diversas compañías como **IBM, UNIVAC, HONEYWELL**, construyen ordenadores de este tipo. Las principales características son:

- El componente principal es un pequeño trozo de semiconductor: el transistor.
- Disminución del tamaño.
- Disminución del consumo y la producción de calor.
- Aumento de la factibilidad.
- Mayor rapidez.
- Memoria interna de núcleo de ferrita y tambor magnético.
- Instrumento de almacenamiento: accesorio para almacenar en el exterior información (cintas y discos).
- Mejoran los dispositivos de entradas y salidas, para la mejor lectura de las tarjetas perforadas, se disponía de células fotoeléctricas.
- Introducción de elementos modulares.
- Las impresoras aumentan su capacidad de trabajo.
- Lenguajes de programación más potentes, ensambladores y de alto nivel (Fortran, Cobol y Algol).
- Se usaban para nuevas aplicaciones, como en los sistemas de reservación de líneas aéreas y simulaciones para uso general. Las empresas comenzaron a usarlas en tareas de almacenamiento de registros, nóminas y contabilidad.

#### IV.A.1.d. TERCERA GENERACION (1964-1971)

Con los progresos de la electrónica y los avances en comunicación con las computadoras en la década de 1960, surge la tercera generación de las computadoras. Se inicia con la **IBM 360** en abril de 1964; las principales características son:

- Circuito integrado. Miniaturización y reunión de centenares de elementos en una placa de silicio o "Chip".
- Menor consumo de energía.
- Apreciable reducción de espacio.
- Aumento de la fiabilidad.
- Teleprocesos. Se instalan terminales remotos que acceden a la computadora central para realizar operaciones, extraer o introducir información en bancos de datos, etc.
- Trabajo a tiempo compartido: uso de las computadoras por varios clientes a tiempo compartido, pues el aparato puede discernir entre diversos procesos que realiza simultáneamente.



- Multiprogramación.
- Renovación de periféricos.
- Generalización de los lenguajes de alto nivel.
- Instrumentalización del sistema.
- Compatibilidad.
- Ampliación de aplicaciones: en procesos industriales, en la educación, en el hogar, agricultura, etc.
- La miniaturización de los sistemas lógicos conduce a la fabricación de la minicomputadora, que agiliza y descentraliza los procesos.

#### **IV.A.1.e. CUARTA GENERACION (1972-1984)**

El proceso de reducción del tamaño de los componentes llega a operar a escalas microscópicas. La microminiaturización permite construir el microprocesador, circuito integrado que rige las funciones fundamentales del ordenador (microprocesador).

Las aplicaciones del microprocesador se han proyectado más allá de la computadora y se encuentra en multitud de aparatos, sean instrumentos médicos, automóviles, juguetes, electrodomésticos, etc.

Se desechan las memorias internas de los núcleos magnéticos de ferrita y se introducen memorias electrónicas, que resultan más rápidas. Al principio presentan el inconveniente de su mayor costo, pero este disminuye con la fabricación en serie.

El aumento cuantitativo de las bases de datos lleva a crear formas de gestión que faciliten las tareas de consulta y edición. Los sistemas de tratamiento de base de datos consisten en un conjunto de elementos de hardware y software interrelacionados que permite un uso sencillo y rápido de la información. Las principales características son:

- Aparición del microprocesador.
- Memoria electrónica.
- Sistema de tratamiento de base de datos.
- Se fabrican computadoras personales y microcomputadoras.
- Se utiliza el disquete (Floppy Disk) como unidad de almacenamiento.
- Aparecieron gran cantidad de lenguajes de programación y las redes de transmisión de datos (Teleinformática).

#### **IV.A.2. PANORAMA GENERAL DE LA COMPUTADORA**

A pesar de las diferencias en tamaño y uso, todas estas computadoras tienen varias características en común. Primera cualquier computadora debe ser parte de un sistema de cómputo que consta de cuatro partes:

- Hardware
- Software
- Datos

- Personas

El término Hardware se refiere a cualquier parte de la computadora que se puede tocar. Consiste en dispositivos electromecánicos interconectados que puede usar para controlar la operación, así como la entrada y la salida de la computadora.

El término Software se refiere al conjunto de instrucciones electrónicas que le dicen al hardware qué debe hacer. Estos conjuntos de instrucciones también se conocen como programas y cada uno tiene un propósito específico.

Los datos se refieren a los elementos crudos que la computadora puede manipular. Los datos pueden consistir en letras, números, sonidos o imágenes, esta los convierte en números. En consecuencia los datos computarizados son digitales lo que significa que han sido reducidos a dígitos o números, los datos son organizados en archivos.

Un archivo de computadora tan sólo es un conjunto de datos o instrucciones de programa al que se le ha dado un nombre. Un archivo que contiene datos que el usuario puede abrir y usar se llama documento.

La última parte del sistema de una computadora es la persona que la utiliza. Cuando se habla de computadoras, por lo general se hace referencia a las personas como usuarios.

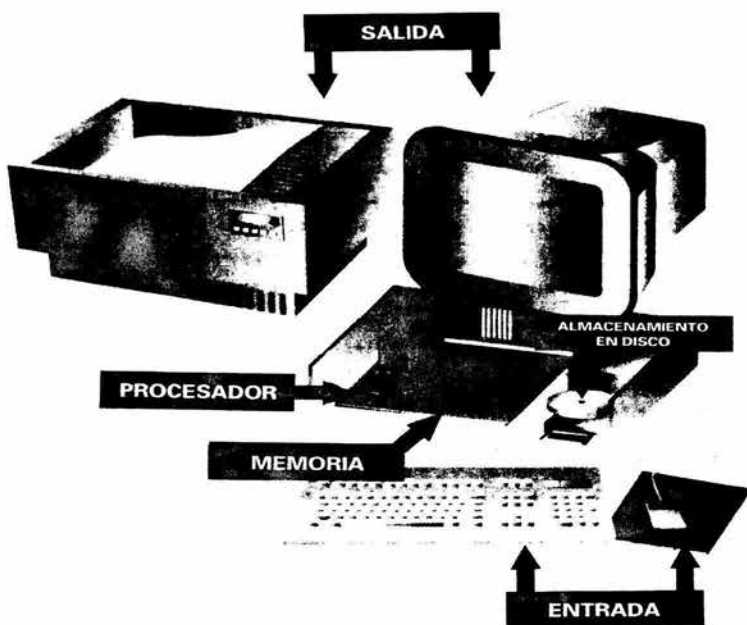


FIGURA IV.9 ESQUEMA GENERAL DE UNA COMPUTADORA

### IV.A.3. ESQUEMA GENERAL DE UNA COMPUTADORA

Es un sistema compuesto de cinco elementos diferenciados:

- 1.-CPU (Unidad Central de Procesamiento).
- 2.-Dispositivo de entrada.
- 3.-Dispositivos de almacenamiento.
- 4.-Dispositivos de salida.
- 5.-Programas.

### IV.A.4. SOFTWARE

El software de sistema es el conjunto de programas indispensables para que la máquina funcione, se denominan también programas del sistema. Estos programas son básicamente: el sistema operativo, los editores de texto, lenguajes de programación y los programas de utilidad.

Uno de los programas más importantes es el sistema operativo, que sirve esencialmente para facilitar la escritura y uso de sus propios programas. El sistema operativo dirige las operaciones globales de la computadora, instruye a la computadora para ejecutar otros programas y controla el almacenamiento y recuperación de archivos.

El sistema operativo existe de manera predominante para beneficio de la computadora. Se requieren otros programas para hacer que la computadora sea útil para las personas. Los programas que ayudan a la gente a realizar tareas específicas se denominan software de aplicación.

Los programas de aplicación facilitan el uso de la computadora, un ejemplo es un editor de textos que permite la escritura y edición de documentos, otros son: los programas que realizan tareas concretas: nóminas, contabilidad, análisis estadísticos, etc.

En su mayor parte las computadoras son máquinas de uso general, muchas pueden ser usadas con la misma eficiencia para trabajar con números que para crear documentos o dibujo o para controlar otras máquinas. El ingrediente que hace que una computadora realice una tarea determinada es el **Software**, es decir las instrucciones electrónicas que generalmente residen en un dispositivo de almacenamiento. A un grupo específico de instrucciones se llama **programa**. Cuando una computadora esta usando un programa en particular se dice que está ejecutándose ese programa. Debido a que los programas dicen a los componentes físicos de la máquina lo que deben de hacer, sin ellos una computadora no podría hacer nada.

Por lo que la variedad de programas disponibles es vasta y variada, la mayoría del software puede ser dividido en dos grandes categorías: software de sistema y Software de aplicaciones. El tipo principal de software de sistema llamado sistema operativo

indica la computadora como usar sus componentes. El software de aplicación le dice cómo realizar tareas específicas para el usuario

#### IV.A.4.1. SISTEMAS OPERATIVOS

Cuando enciendes una computadora el primer paso es una autoprueba, la computadora identifica los dispositivos que están conectados a ella, cuenta la cantidad de memoria disponible y hace una rápida revisión para ver si la memoria está trabajando en forma correcta. Después la computadora busca un programa especial llamado **sistema operativo**, este le indica como interactuar con el usuario con el usuario y cómo usar los dispositivos: discos duros, teclado y monitor. Cuando encuentra el sistema operativo la computadora carga el programa en su memoria. Posteriormente la computadora encuentra y arranca el sistema operativo esta lista para aceptar comandos de un dispositivo de entrada generalmente el teclado o el ratón

#### IV.A.4.2. SOFTWARE DE APLICACIÓN

Una computadora que solo ejecuta el sistema operativo no es de mucha ayuda. Puesto que el sistema operativo es para beneficio de la computadora, se requieren otros programas para hacer de la computadora algo útil para las personas. El término software de aplicación describe programas que son de uso genérico para el usuario. El software de aplicación ha sido escrito con el fin de realizar casi cualquier tarea imaginable. Existen miles de programas para hacer aplicados en diferentes tareas, desde procesamiento de palabras hasta cómo seleccionar una universidad, así como el control administrativo de un proyecto de ingeniería. Existen varias categorías importantes para el proyecto, que son:

- Aplicaciones de negocios
- Aplicaciones de utilerías
- Aplicaciones personales
- Aplicaciones de entretenimiento

#### IV.B. PROJECT

Antes de comenzar un proyecto, es necesario definir el objetivo del proyecto y luego determinar las tareas que se necesitan realizar para alcanzar este objetivo. Una vez definido el objetivo del proyecto y determinadas las tareas, lo siguiente es identificar quién se encargará y cuándo comenzara cada una de ellas, así como cuánto se va a tardar en realizarlas. La gestión de un proyecto conlleva diferentes actividades de gestión y coordinación. Una vez que el proyecto este en marcha resulta adecuado seguir el progreso de cada tarea. Usando Project puede guardar, almacenar información sobre el proyecto y mantenerla actualizada, incluso puede crear escenarios de análisis de hipótesis para anticiparse a los acontecimientos en su proyecto.

El proyecto es una secuencia bien definida de eventos con un principio y un final identificados, que se centra en alcanzar un objetivo claro. Basándose en parámetros establecidos tales como tiempo, costo y recursos, manteniendo siempre el nivel de calidad especificado. Un proyecto se diferencia de un proceso en que siempre hay un punto en el que un proyecto se termina y se ha alcanzado el objetivo. Antes de comenzar un proyecto hay que determinar el objetivo. Hay que ser tan específico incluyendo información fechas números y elementos. Un objetivo clarifica el ámbito del proyecto, las personas afectadas y el período de tiempo.

#### IV.B.1. MENÚ PRINCIPAL

El menú principal de Project al que se puede acceder mediante la barra de menús se localiza en la parte superior de la pantalla, funcionan igual que los menús de Office. De forma predeterminada, cuando abra un menú, verá un pequeño subgrupo de comandos que se usen a menudo. Además al final del menú verá un par de flechas angulares hacia abajo. Si resalta las dos flechas, Project mostrará el resto de comandos que aparecen en el menú.

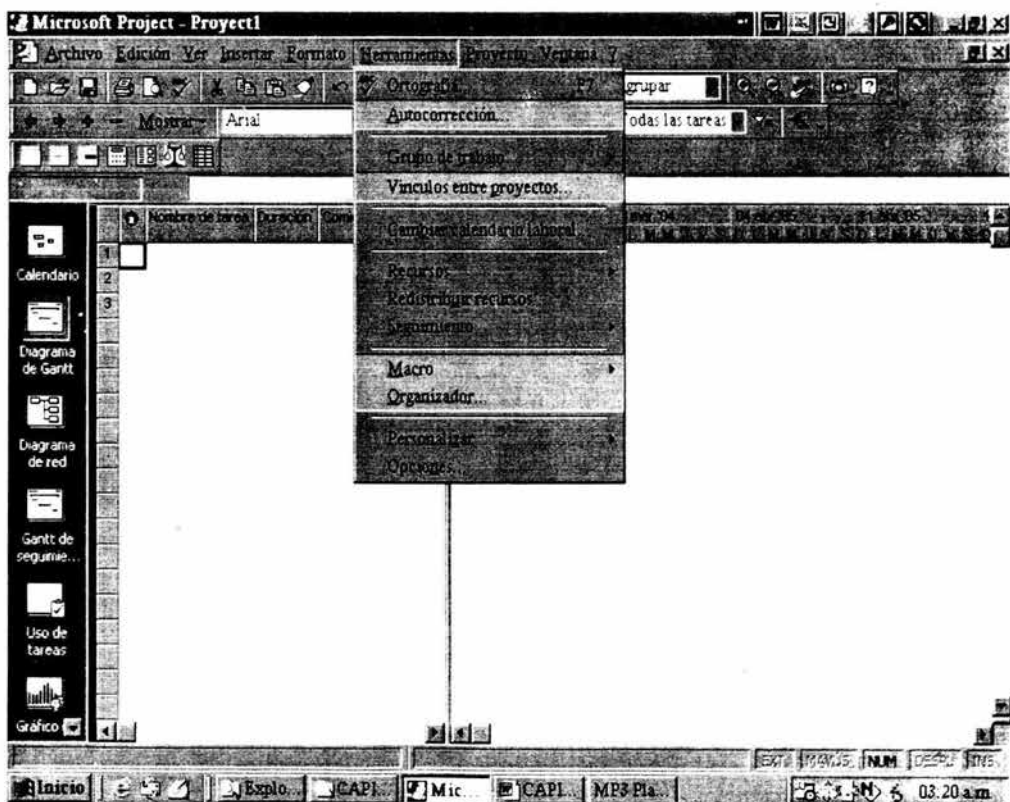


FIGURA IV. 10 El Menú de Project

Hay varios menús en Project que ofrecen comandos que resultan conocidos, como Guardar, Imprimir y Copiar. Otros menús son más específicos de las tareas que se ejecutan que a continuación se mencionan:

**Archivo.-** Abrir y cerrar archivos nuevos y existentes; guardar e imprimir archivos; ajustar la configuración de la página y las propiedades del documento; y enviar archivos a destinatario de correo electrónico.

**Edición.-** Cortar, copiar y pegar texto u objetos; manipular datos con los comandos **Rellenar**, **Borrar** y **Eliminar** tarea; vincular y desvincular relaciones entre tareas y localizar información con los comandos **Buscar**, **Reemplazar** e **Ir a**.

**Ver.-** Seleccionar varias vistas predeterminadas del proyecto; acceder a formatos estándar de informes, elegir si ver u ocultar varias barras de herramientas; usar la función del Zoom; introducir información de encabezado y pie de página.

**Insertar.-** Insertar nuevas tareas, otro archivo de Project o columnas en las vistas; también insertar diferentes objetos en la programación, incluyendo dibujos gráficos de excel, documentos de Word.

**Formato.-** Ajustar la apariencia de los textos, las barras de tareas, la visualización de la escala temporal o el aspecto general del diseño de una vista.

**Herramientas.-** Ejecutar o modificar funciones de comprobación ortográfica o autocorrección para revisar la programación, acceder a funciones de grupo de trabajo; establecer vínculos entre proyectos y modificar los recursos o el calendario de trabajo. También puede personalizar las funciones y vistas estándar con los comandos **Organizador**, **Opciones** o **Personalizar**.

**Proyecto.-** Mostrar información o notas de tareas o proyectos, o usar comandos para ordenar o filtrar tareas para ver detalles específicos. También controla las funciones de esquemas de tareas del proyecto.

Observe que los menús principales a veces despliegan submenús (llamados menús laterales o menús en cascada). Si aparece una flecha negra a la derecha de un comando es porque tiene un submenú.



FIGURA IV. 11 Barra de Menú

## IV.B.2. BARRA DE VISTAS

Las vistas, se localizan en el extremo izquierdo de la pantalla se clasifican en tres categorías que son: vistas de hoja, vistas graficas y de diagrama y, vistas de formulario. Cada vista muestra combinaciones de información del proyecto de formas distintas. Las vistas pueden mostrarse en un formato individual o combinado.

Una vista individual es una única hoja, diagrama, gráfico o formulario. Una vista combinada muestra conjuntamente dos vistas individuales. Las vistas de hoja muestran información de tareas o recursos en un formato de filas y columnas.

### IV.B.2.a. CAMBIO DE VISTAS

Project ofrece 26 vistas predefinidas. Cada vista puede ser mostrada usando el menú **Ver** o la barra de vistas situada en el lado izquierdo de la ventana de aplicación, la cual muestra ocho de las vistas usadas con más frecuencia en forma de iconos y un icono para mostrar vistas adicionales.

Cada vista le ayudara a centrarse en un aspecto del proyecto, para ello la barra de vistas o el menú **Ver** le permitirá saltar de una vista a otra.

La barra de vistas contiene iconos para ocho vistas. Haga clic en la flecha hacia abajo en la parte inferior de la barra para verlos todos. Cuando desplace hacia abajo la barra de vistas, aparecerá una flecha hacia arriba en la parte superior de la barra para que pueda volver al principio de la lista. El menú **Ver** contiene los comandos correspondientes a ocho vistas.

### IV.B.2.b. DESPLAZAMIENTO DE UNA VISTA

FIGURA IV.12

Las barras de desplazamiento permiten moverse de forma vertical y horizontal dentro de una vista. Los botones anteriores anterior y siguiente se utilizan para desplazarse en la lista de tareas o de recursos de tarea. En ocasiones también hay barra de desplazamiento vertical para recorrer información adicional sobre la tarea o recurso dentro del formulario.

- En el menú **Edición**, pulsar **Ir a** Introducir un identificador de tarea en el cuadro identificador o una fecha en el cuadro Fecha.
- También se puede seleccionar una tarea, en la barra de herramientas estándar, pulsando el botón **Ir a** tarea seleccionada.

## IV.B.3. CONFIGURACIÓN DE LAS OPCIONES DE PROGRAMACIÓN

No tiene que limitarse a introducir tareas condicionadas por los recursos o duraciones estimadas en la Tabla de Gantt, ya que es posible cambiar el tipo de tareas



predeterminado y otras opciones de configuración predeterminada referente a programaciones.

**Herramientas Opciones** y hacer clic en la ficha **Programación** del cuadro de dialogo **Opciones**. Para cambiar la configuración predeterminada en la introducción de tareas, elegir. En este cuadro de dialogo, se determina la unidad de tiempo predeterminada para introducir duraciones de tareas (la predeterminada esta en días), tiempo de trabajo (horas) y, si las tareas nuevas empiezan en la fecha de comienzo del proyecto o en la fecha actual.

Para poder introducir únicamente duraciones reales en lugar de estimadas, se debe eliminar la marca de la última casilla de verificación en la ficha llamada **Programación**.

#### IV.B.4. ASIGNACIÓN DE UN CALENDARIO A UNA TAREA

Se puede asignar un calendario a una tarea mediante los mismos pasos descritos para crear el calendario Prensa, se elija **Herramientas Cambiar** del calendario laboral para que aparezca este cuadro de dialogo. Hacer clic en el botón **Nuevo** para crear el calendario y nombrarlo. Seleccionar las fechas que no serán "estándar" y realizar los cambios pertinentes.

Para asignarle un calendario a una tarea, haga doble clic en el nombre de ésta para abrir el cuadro de diálogo **Información** de la tarea correspondiente. Hacer clic en la ficha **Avanzado** y abrir el cuadro de la lista **Calendario** para seleccionar el adecuado para la tarea.

##### IV.B.4.1. ESCALA TEMPORAL

La escala temporal es una vista de diagrama que sirve para ver más información gráfica. La escala temporal se encuentra a lo largo de la parte superior del Diagrama de Gantt y representa el tiempo en el que tiene lugar las tareas del proyecto. Incluye la escala temporal principal presenta unidades de tiempo más grandes y la temporal secundaria unidades de tiempo más pequeñas.

Para ajustar la escala temporal, se pueden usar los botones Acercar y Alejar de la barra de herramientas Estándar.

- En la barra de herramientas Estándar, pulsar el botón Acercar para cambiar a unidades de tiempo más pequeñas.
- Igualmente, en la barra de herramientas Estándar, pulsar el botón Alejar para cambiar a unidades de tiempo más grandes.





FIGURA IV.13 Escala Temporal y Secundaria

#### IV.B.4.2. MODIFICACIÓN DE HORAS LABORABLES DE LOS RECURSOS

Considerar que un recurso concreto no va a estar disponible durante todo un día o incluso, varios días. Por ejemplo, todos los trabajadores tienen su horario de 07: 00hrs. a 15: 00hrs. Para cambiar las horas laborables de un recurso, usar la ficha **Horario de Trabajo** en el cuadro de diálogo **Información del recurso**, que podrá abrirse haciendo doble clic en el propio recurso en la hoja de recursos. El calendario del recurso aparecerá con la fecha actual seleccionada. La leyenda de la izquierda identifica los días laborables, los no laborables, las horas laborables modificadas y las excepciones.

#### IV.B.4.3. BLOQUEO DEL PERÍODO VACACIONAL

Los recursos humanos tienen que tomarse algún tiempo libre; así para evitar que se sobreesigne una persona, estableciéndole trabajo durante el período de vacaciones, deberá marcarse los días de vacaciones en el calendario el recurso.

Hacer doble clic en el recurso para que se abra el cuadro de diálogo **Información del recurso** y haga clic en la ficha **Horario de trabajo**. Buscar las fechas que quiera bloquear para el período vacacional mediante la barra de desplazamiento junto al calendario. Cuando tenga las fechas seleccionadas, seleccione la opción **Periodo no Laborable**. Si se quiere cancelar la selección, hacer clic en cualquier otra fecha del calendario. Los días que haya señalado para marcarlos como vacaciones aparecerán subrayados, lo cual queda explicado en la leyenda.

#### IV.B.5. USO DE TAREAS REPETITIVAS

Los proyectos suelen tener tareas que se repiten normalmente: listado de personal semanal, informes trimestrales o revisiones mensuales del presupuesto, estos son ejemplos de tareas repetitivas. En vez de tener que crear, por ejemplo unas 20 tareas de reunión semanal del personal durante los cinco meses que dure un proyecto, puede usar la función de tareas repetitivas de Project. Dicha función le permitirá crear la tarea una vez y asignarle una frecuencia y una distribución de tiempo. Para crear una tarea se sigue el siguiente procedimiento:

- 1.- Debido a que Project inserta las tareas encima de la tarea seleccionada, seleccionar la tarea que quiere que aparezca debajo de la tarea repetitiva y elegir **Insertar Tarea repetitiva** para abrir el cuadro de dialogo del mismo nombre.

- 2.- Escribir el nombre de la tarea repetitiva.
- 3.- Definir la duración de la tarea en el campo **Duración**; por ejemplo, pensar si la reunión se celebrará durante dos horas o si un informe se redacta en un solo día.
- 4.- Seleccionar la frecuencia de la tarea mediante uno de los botones de opción de **Patrón de repetición**: Diariamente, Semanalmente, Mensualmente y Anualmente. La configuración de la distribución del tiempo a la derecha de estos botones cambiará dependiendo de la frecuencia que seleccione.
- 5.- Seleccionar la configuración adecuada a la frecuencia de repetición. Para la configuración semanal, marcar la casilla de los días de la semana en los que se quiere que la tarea se realice. Para las opciones mensual o anual, definir el mes en que se quiere que la tarea se realice.
- 6.- Definir el intervalo de repetición (el período durante el cual la tarea debería repetirse) introduciendo las fechas de **Comienzo y Terminar después de** o **Terminar el**.  
Si necesita repetir una prueba semanalmente durante un solo mes en un proyecto de diez meses, podría definir estas opciones para que designen un mes.
- 7.- Haga clic en aceptar para crear la tarea. Project creará el número adecuado de tareas y les mostrará como subtareas debajo de una tarea de resumen. Observe el símbolo de tarea repetitiva en la columna **Indicadores** del Diagrama de Gantt

#### IV.C. APLICACIÓN

En esta parte del trabajo se indica un caso práctico en donde se utiliza el software de aplicación Project para el control Administrativo de la Ingeniería de Proyectos en el montaje de una estructura universal para 400 K.v.

El tiempo de realización se calcula en        días con un costo de:

1.- MATERIAL	\$	
2.- MANO DE OBRA		5444228
3.- EQUIPO Y HERRAMIENTA		217769
<b>TOTAL</b>		<b>\$5.661.997,00</b>

En el Anexo los Costos Unitarios, los Costos por Cuadrillas de Trabajo, la descripción de actividades, y el Diagrama de Gantt.

## CONCLUSIONES

Actualmente el Ingeniero debe auxiliarse de los avances tecnológicos como en este caso un programa de software aplicado a un caso práctico orientado a la administración de proyectos para ayudar a optimizar los recursos como es: mano de obra, material, equipo y herramienta; Para la planificación de los proyectos que tienden a resolver una necesidad humana.

La ingeniería es una actividad profesional que usa el método científico para transformar, de una manera económica y óptima, los recursos naturales en formas útiles para uso del hombre.

La palabra proyecto ha adquirido muchos significados a través de la evolución constante de la ingeniería. Es una palabra que se aplica, a veces sin propiedad a numerosas actividades.

En ingeniería se dice que un proyecto es el conjunto de cálculos, especificaciones y dibujos que sirven para construir un aparato o un sistema. Esta es una definición igualmente válida. Sin embargo el concepto de ingeniería de proyectos debe ser más amplio y debe igualmente describir la esencia misma de esta actividad.

Por lo que un proyecto es una actividad ciclica y única para tomar decisiones, conjuntando el conocimiento de la ingeniería, la habilidad matemática y la experimentación, se conjugan para poder transformar los recursos naturales en sistemas y mecanismos que satisfagan la necesidad humana, con el apoyo de las computadoras.

---

## BIBLIOGRAFÍA

Colmenar Santos Antonio; Gestión de Proyectos con Microsoft Project Alfaomega

Marmel Elaine; La Biblia de Project 2002  
Multimedia Anaya

Microsoft Corporation; Microsoft Project 98 Paso a Paso  
Mc Graw Hill

Haynes Marion; Administración de Proyectos desde la idea hasta la  
Implantación

Burstein David; Administración de Proyectos guía para Arquitectos e  
Ingenieros Civiles

Cleland; Manual para la Administración de Proyectos

Baca Urbina Gabriel; Evaluación de Proyectos

Microsoft Corporation; Microsoft Project 2002 Paso a Paso  
Mc Graw Hill

Krick, Introducción a la Ingeniería  
Limusa

Niebel; Estudio de Tiempos y Movimientos

Corzo, Miguel Angel; Introducción en Ingeniería de Proyectos  
Limusa

---

ANEXO

---

## CUADRILLAS DE TRABAJO



## ANÁLISIS DE AUXILIARES CUADRILLAS DE TRABAJO

CLAVE : CUMEC 1

Descripcion:

CUADRILLA No.1 ( 1 MECANICO A + 3 MECANICO C + 4 AYUDANTES )

*UNIDAD                      JOR.*

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	SALARIO	IMPORTE
AA-MEC-02	MECANICO ESPECIAL	JOR	0,400	\$762,10	\$304,84
AA-MEC-03	MECANICO A	JOR	1,000	\$694,58	\$694,58
AA-MEC-04	MECANICO C	JOR	3,000	\$611,93	\$1.835,79
AA-MEC-05	AYUDANTE DE MECANICO	JOR	4,000	\$516,99	\$2.067,95
				SUMA	\$4.903,15
	HERRAMIENTA	%	4		\$196,13
				<b>IMPORTE</b>	<b>\$5.099,27</b>

CLAVE : CUMEC 2

Descripcion:

CUADRILLA No.2 ( 1 MECANICO ESPECIAL + 2 MECANICO A + 2 MECANICO C + 4 AYUDANTES )

*UNIDAD                      JOR*

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	SALARIO	IMPORTE
AA-MEC-01	SOBRESTANTE	JOR	0,450	\$1.106,12	\$497,75
AA-MEC-02	MECANICO ESPECIAL	JOR	1,000	\$762,10	\$762,10
AA-MEC-03	MECANICO A	JOR	2,000	\$694,58	\$1.389,15
AA-MEC-04	MECANICO C	JOR	2,000	\$611,93	\$1.223,86
AA-MEC-05	AYUDANTE DE MECANICO	JOR	4,000	\$516,99	\$2.067,95
				SUMA	\$5.940,80
	HERRAMIENTA	%	4		\$237,63
				<b>IMPORTE</b>	<b>\$6.178,44</b>

## ANÁLISIS DE AUXILIARES CUADRILLAS DE TRABAJO

CLAVE : CUMEC 3

Descripcion:

CUADRILLA No. 3 ( 1 MECANICO A + 2 MECANICOS C + 2 AYUDANTES )

*UNIDAD                      JOR*

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	SALARIO	IMPORTE
AA-MEC-02	MECANICO ESPECIAL	JOR	0,250	\$762,10	\$190,52
AA-MEC-03	MECANICO A	JOR	1,000	\$694,58	\$694,58
AA-MEC-04	MECANICO C	JOR	2,000	\$611,93	\$1.223,86
AA-MEC-05	AYUDANTE DE MECANICO	JOR	2,000	\$516,99	\$1.033,97
				SUMA	\$3.142,93
	HERRAMIENTA	%	4		\$125,72
				<b>IMPORTE</b>	<b>\$3.268,65</b>

CLAVE : CUMEC 4

Descripcion:

CUADRILLA No. 4 ( 1 MECANICO A + 1 MECANICO C + 2 AYUDANTES )

*UNIDAD                      JOR.*

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	SALARIO	IMPORTE
AA-MEC-02	MECANICO ESPECIAL	JOR	0,200	\$762,10	\$152,42
AA-MEC-03	MECANICO A	JOR	1,000	\$694,58	\$694,58
AA-MEC-04	MECANICO C	JOR	1,000	\$611,93	\$611,93
AA-MEC-05	AYUDANTE DE MECANICO	JOR	2,000	\$516,99	\$1.033,97
				SUMA	\$2.492,90
	HERRAMIENTA	%	4		\$99,72
				<b>IMPORTE</b>	<b>\$2.592,61</b>

## ANÁLISIS DE AUXILIARES CUADRILLAS DE TRABAJO

CLAVE : CUMEC 5

**Descripcion:**

CUADRILLA No. 5 ( 1 MECANICO ESPECIAL + 3 MECANICO C + 1 YUDANTES )

*UNIDAD                  JOR*

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	SALARIO	IMPORTE
AA-MEC-01	SOBRESTANTE	JOR	0,250	\$1.106,12	\$276,53
AA-MEC-02	MECANICO ESPECIAL	JOR	1,000	\$762,10	\$762,10
AA-MEC-03	MECANICO A	JOR		\$694,58	\$0,00
AA-MEC-04	MECANICO C	JOR	3,000	\$611,93	\$1.835,79
AA-MEC-05	AYUDANTE DE MECANICO	JOR	1,000	\$516,99	\$516,99
				SUMA	\$3.391,40
	HERRAMIENTA	%	4		\$135,66
				<b>IMPORTE</b>	<b>\$3.527,06</b>

CLAVE : CUMEC 6

**Descripcion:**

CUADRILLA No. 6 ( 1 MECANICO A + 3 MECANICOS C + 3 AYUDANTES )

*UNIDAD                  JOR*

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	SALARIO	IMPORTE
AA-MEC-02	MECANICO ESPECIAL	JOR	0,350	\$762,10	\$266,73
AA-MEC-03	MECANICO A	JOR	1,000	\$694,58	\$694,58
AA-MEC-04	MECANICO C	JOR	3,000	\$611,93	\$1.835,79
AA-MEC-05	AYUDANTE DE MECANICO	JOR	3,000	\$516,99	\$1.550,96
				SUMA	\$4.348,06
	HERRAMIENTA	%	4		\$173,92
				<b>IMPORTE</b>	<b>\$4.521,98</b>

## ANÁLISIS DE AUXILIARES CUADRILLAS DE TRABAJO

CLAVE : CUMEC 7

**Descripcion:**

CUADRILLA No. 7 ( 1 MECANICO A + 1 MECANICOS C + 1 AYUDANTES )

*UNIDAD                  JOR*

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	SALARIO	IMPORTE
AA-MEC-02	MECANICO ESPECIAL	JOR	0.150	\$762.10	\$114.31
AA-MEC-03	MECANICO A	JOR	1.000	\$694.58	\$694.58
AA-MEC-04	MECANICO C	JOR	1.000	\$611.93	\$611.93
AA-MEC-05	AYUDANTE DE MECANICO	JOR	1.000	\$516.99	\$516.99
				SUMA	\$1.937.81
	HERRAMIENTA	%	4		\$77.51
				<b>IMPORTE</b>	<b>\$2.015,32</b>

CLAVE : CUMEC 8

**Descripcion:**

CUADRILLA No. 8 ( 1 MECANICO A + 1 AYUDANTES )

*UNIDAD                  JOR*

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	SALARIO	IMPORTE
AA-MEC-02	MECANICO ESPECIAL	JOR	0,100	\$762,10	\$76,21
AA-MEC-03	MECANICO A	JOR	1,000	\$694,58	\$694,58
AA-MEC-04	MECANICO C	JOR		\$611,93	\$0,00
AA-MEC-05	AYUDANTE DE MECANICO	JOR	1,000	\$516,99	\$516,99
				SUMA	\$1.287,77
	HERRAMIENTA	%	4		\$51,51
				<b>IMPORTE</b>	<b>\$1.339,28</b>

## ANÁLISIS DE AUXILIARES CUADRILLAS DE TRABAJO

CLAVE : CUMEC 9

**Descripcion:**

CUADRILLA No. 9 ( 1 MECANICO ESP. + 2 MECANICOS A + 3 MECANICOS C + 4 AYUDANTES )

*UNIDAD                      JOR*

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	SALARIO	IMPORTE
AA-MEC-01	SOBRESTANTE	JOR	0,500	\$1.106,12	\$553,06
AA-MEC-02	MECANICO ESPECIAL	JOR	1,000	\$762,10	\$762,10
AA-MEC-03	MECANICO A	JOR	2,000	\$694,58	\$1.389,15
AA-MEC-04	MECANICO C	JOR	3,000	\$611,93	\$1.835,79
AA-MEC-05	AYUDANTE DE MECANICO	JOR	4,000	\$516,99	\$2.067,95
				SUMA	\$6.608,04
	HERRAMIENTA	%	4		\$264,32
				<b>IMPORTE</b>	<b>\$6.872,36</b>

CLAVE : CUMEC 10

**Descripcion:**

CUADRILLA No. 10 ( 1 MECANICOS C + 1 AYUDANTES )

*UNIDAD                      JOR*

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	SALARIO	IMPORTE
AA-MEC-02	MECANICO ESPECIAL	JOR	0,100	\$762,10	\$76,21
AA-MEC-03	MECANICO A	JOR		\$694,58	\$0,00
AA-MEC-04	MECANICO C	JOR	1,000	\$611,93	\$611,93
AA-MEC-05	AYUDANTE DE MECANICO	JOR	1,000	\$516,99	\$516,99
				SUMA	\$1.205,13
	HERRAMIENTA	%	4		\$48,21
				<b>IMPORTE</b>	<b>\$1.253,33</b>

## ANÁLISIS DE AUXILIARES CUADRILLAS DE TRABAJO

CLAVE : CUMEC 11

**Descripcion:**

CUADRILLA No. 11 ( 1 MECANICO A + 3 MECANICO C + 2 AYUDANTES )

*UNIDAD                      JOR*

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	SALARIO	IMPORTE
AA-MEC-02	MECANICO ESPECIAL	JOR	0,300	\$762,10	\$228,63
AA-MEC-03	MECANICO A	JOR	1,000	\$694,58	\$694,58
AA-MEC-04	MECANICO C	JOR	3,000	\$611,93	\$1.835,79
AA-MEC-05	AYUDANTE DE MECANICO	JOR	2,000	\$516,99	\$1.033,97
				SUMA	\$3.792,96
	HERRAMIENTA	%	4		\$151,72
				<b>IMPORTE</b>	<b>\$3.944,68</b>

CLAVE : CUMEC 12

**Descripcion:**

CUADRILLA No. 12 ( 1 MECANICO ESPECIAL + 3 MECANICO A + 4 MECANICOS C+ 6 AYUDANTES )

*UNIDAD                      JOR*

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	SALARIO	IMPORTE
AA-MEC-01	SOBRESTANTE	JOR	0,700	\$1.106,12	\$774,28
AA-MEC-02	MECANICO ESPECIAL	JOR	1,000	\$762,10	\$762,10
AA-MEC-03	MECANICO A	JOR	3,000	\$694,58	\$2.083,73
AA-MEC-04	MECANICO C	JOR	4,000	\$611,93	\$2.447,72
AA-MEC-05	AYUDANTE DE MECANICO	JOR	6,000	\$516,99	\$3.101,92
				SUMA	\$9.169,74
	HERRAMIENTA	%	4		\$366,79
				<b>IMPORTE</b>	<b>\$9.536,53</b>

## ANÁLISIS DE AUXILIARES CUADRILLAS DE TRABAJO

CLAVE : CUMEC 13

**Descripcion:**

CUADRILLA No. 13 (1MECANICO ESPECIAL+1 MECANICO A + 3 MECANICO C + 3 AYUDANTES)

*UNIDAD                      JOR*

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	SALARIO	IMPORTE
AA-MEC-01	SOBRESTANTE	JOR	0,350	\$1.106.12	\$387.14
AA-MEC-02	MECANICO ESPECIAL	JOR	1,000	\$762.10	\$762.10
AA-MEC-03	MECANICO A	JOR	1,000	\$694.58	\$694.58
AA-MEC-04	MECANICO C	JOR	3,000	\$611.93	\$1.835.79
AA-MEC-05	AYUDANTE DE MECANICO	JOR	2,000	\$516.99	\$1.033.97
				SUMA	\$4.713.57
	HERRAMIENTA	%	4		\$188.54
				<b>IMPORTE</b>	<b>\$4.902,12</b>

CLAVE : CUMEC 14

**Descripcion:**

CUADRILLA No. 14 (1SOLDADOR+1AYUDANTE)

*UNIDAD                      JOR*

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	SALARIO	IMPORTE
AA-MEC-01	SOBRESTANTE	JOR	0,100	\$1.106.12	\$110.61
AA-MEC-06	SOLDADOR	JOR	1,000	\$865.09	\$865.09
AA-MEC-07	AYUDANTE	JOR	1,000	\$532.33	\$532.33
				SUMA	\$1.508.03
	HERRAMIENTA	%	4		\$60.32
				<b>IMPORTE</b>	<b>\$1.568,35</b>

## COSTOS UNITARIOS

---



### ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

MONTAJE DE ESTRUCTURA UNIVERSAL 400 KV										
No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (UNIDAD/JOR)	JORNALES	M	A	DURACION (DIAS)	H-H	COSTOS
1	RECEPCION DE BASES CIVILES Y REFRESCADO DE ANCLAS	48	PZA	5,33	9	5	4	1	72	\$1.134,00
2	RECEPCION DE ESTRUCTURA	10	PZA	1,11	9	5	4	1	72	\$1.134,00
3	ARMADO, ALINEADO Y APRIETE DE ESTRUCTURA	10	PZA	0,11	90	5	4	10	720	\$11.340,00
4	MONTAJE DE ESTRUCTURA UNIVERSAL	1	3C 2T	0,03	31,5	5	4	3,5	252	\$3.969,00
5	COLOCACION DE PREPARACIONES	1	JGO	0,10	10	3	2	2	80	\$1.260,00
6	PLOMEADO Y ENTREGA DE ESTRUCTURA	1	JGO	0,10	10	2	2	2,5	80	\$1.260,00
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

<b>TOTAL</b>	1276	\$20.097,00
--------------	------	-------------

### ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

MONTAJE DE ESTRUCTURA MARCO DE (TENSION,SUSPENSION Y REMATE) 400 KV										
No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (UNIDAD/JOR)	JORNALES	M	A	DURACION (DIAS)	H-H	COSTOS
1	RECEPCION DE BASES CIVILES Y REFRESCADO DE ANCLAS	32	PZA	4,57	7	4	3	1	56	\$882,00
2	RECEPCION DE ESTRUCTURA	6	PZA	0,86	7	4	3	1	56	\$882,00
3	ARMADO, ALINEADO Y APRIETE DE ESTRUCTURA	6	PZA	0,11	56	4	3	8	448	\$7.056,00
4	MONTAJE DE ESTRUCTURA MARCO DE TENSION	1	2C 1T	0,07	14	4	3	2	112	\$1.764,00
5	COLOCACION DE PREPARACIONES	1	JGO	0,14	7	4	3	1	56	\$882,00
6	PLOMEADO Y ENTREGA DE ESTRUCTURA	1	JGO	0,14	7	4	3	1	56	\$882,00
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

<b>TOTAL</b>	784	\$12.348,00
--------------	-----	-------------

### ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

MONTAJE DE ESTRUCTURA AEREA 400 KV.										
No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (UNIDAD/JOR)	JORNALES	M	A	DURACION (DIAS)	H-H	COSTOS
1	RECEPCION DE BASES CIVILES Y REFRESCADO DE ANCLAS.	16	PZA	1,78	9	5	4	1	72	\$1.134,00
2	RECEPCION DE ESTRUCTURA.	8	PZA	0,89	9	5	4	1	72	\$1.134,00
3	ARMADO ALINEADO Y APRIETE DE ESTRUCTURA.	8	PZA	0,09	90	5	4	10	720	\$11.340,00
4	MONTAJE DE ESTRUCTURA AEREA.	1	JGO	0,02	49,5	5	4	5,5	396	\$6.237,00
5	PLOMEADO Y ENTREGA DE ESTRUCTURA.	1	JGO	0,04	22,5	5	4	2,5	180	\$2.835,00
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

<b>TOTAL</b>	1440	\$22.680,00
--------------	------	-------------

### ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

MONTAJE DE CUCHILLAS DESCONECTADORAS DE 400 KV										
No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (UNIDAD/JOR)	JORNALES	M	A	DURACION (DIAS)	H-H	COSTOS
1	RECEPCION DE BASES CIVILES Y REFRESCADO DE ANCLAS	24	PZA	3,92	6,125	4	3	0,875	49	\$771,75
2	RECEPCION DE ESTRUCTURA	1	6C7T	0,23	4,375	4	3	0,625	35	\$551,25
3	MONT. DE ESTRUC, SOPORTE DE CUCHILLAS DESCONECTADO	1	6C7T	0,03	33,25	4	3	4,75	266	\$4.189,50
4	NIVELACION, ALINEACION Y ENTREGA DE ESTRUCTURA	1	JUEGO	1,14	0,875	4	3	0,125	7	\$110,25
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
<b>TOTAL</b>									357	\$5.622,75

### ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE CUCHILLAS PUESTA A TIERRA 400 KV										
No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (UNIDAD/JOR)	JORNALES	M	A	DURACION (DIAS)	H-H	COSTOS
1	RECEPCION DE BASES CIVILES Y REFRESCADO DE ANCLAS	4	PZA	6,40	0,625	3	2	0,125	5	\$78,75
2	RECEPCION DE ESTRUCTURA	1	PZA	1,60	0,625	3	2	0,125	5	\$78,75
3	MONTAJE DE ESTRUCTURA DE CUCHILLA PUESTA A TIERRA	1	PZA	0,53	1,875	3	2	0,375	15	\$236,25
4	PLOMEADO Y ENTREGA DE ESTRUCTURA	1	PZA	1,60	0,625	3	2	0,125	5	\$78,75
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

<b>TOTAL</b>	30	\$472,50
--------------	----	----------

### ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

INTERRUPTOR DE POTENCIA POR PIEZA 400 KV.										
No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (UNIDAD/JOR)	JORNALES	M	A	DURACION (DIAS)	H-H	COSTOS
1	PREPARAC. BASES CIVILES, REFESC. ANCLAS, RECEP. ESTRUC	3	JGO	0,60	5	4	1	1	40	\$630,00
2	MONTAJE DE ESTRUCTURA DE INTERRUPTOR DE POTENCIA	3	PZA	0,20	15	4	1	3	120	\$1.890,00
3	NIVELACIÓN, ALINEACIÓN	1	JGO	0,125	8	2	2	2	64	\$1.008,00
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

<b>TOTAL</b>	224	\$3.528,00
--------------	-----	------------

**ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS**

<b>MONTAJE DE ESTRUCTURA SOP. DE AISLADOR BUS ALTO 400 KV</b>										
<b>No</b>	<b>DESCRIPCION DE ACTIVIDADES</b>	<b>VOLUMEN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RENDIMIENTOS (UNIDAD/JOR)</b>	<b>JORNALES</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>DURACION (DIAS)</b>	<b>H-H</b>	<b>COSTOS</b>
1	RECEPCION DE BASES CIVILES Y REFRESCADO DE ANCLAS	8	PZA	4,57	1,75	4	3	0,25	14	\$220,50
2	RECEPCION DE ESTRUCTURA	3	PZA	1,71	1,75	4	3	0,25	14	\$220,50
3	MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE AISLADOR BUS ALTO	1	JGO	0,08	12,5	3	2	2,5	100	\$1.575,00
4	PLOMEADO Y ENTREGA DE ESTRUCTURA	1	JGO	0,50	2	2	2	0,5	16	\$252,00
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

<b>TOTAL</b>	144	\$2.268,00
--------------	-----	------------

### ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE BUS BAJO 400 kV										
No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (UNIDAD/JOR)	JORNALES	M	A	DURACION (DIAS)	H-H	COSTOS
1	RECEPCION DE BASES CIVILES Y REFRESCADO DE ANCLAS	4	PZA	6,40	0,625	3	2	0,125	5	\$78,75
2	RECEPCION DE ESTRUCTURA	1	PZA	1,60	0,625	3	2	0,125	5	\$78,75
3	MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE BUS BAJO	1	PZA	0,53	1,875	3	2	0,375	15	\$236,25
4	PLOMEADO Y ENTREGA DE ESTRUCTURA	1	PZA	1,60	0,625	3	2	0,125	5	\$78,75
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
<b>TOTAL</b>									30	\$472,50



### ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE TP's 400 kV										
No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (UNIDAD/JOR)	JORNALES	M	A	DURACION (DIAS)	H-H	COSTOS
1	RECEPCION DE BASES CIVILES Y REFRESCADO DE ANCLAS	4	PZA	6,40	0,625	3	2	0,125	5	\$78,75
2	RECEPCION DE ESTRUCTURA	1	PZA	1,60	0,625	3	2	0,125	5	\$78,75
3	MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE DE TP's	1	PZA	0,53	1,875	3	2	0,375	15	\$236,25
4	PLOMEADO Y ENTREGA DE ESTRUCTURA	1	PZA	1,60	0,625	3	2	0,125	5	\$78,75
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
<b>TOTAL</b>									30	\$472,50

### ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE TC's 400 kV										
No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (UNIDAD/JOR)	JORNALES	M	A	DURACION (DIAS)	H-H	COSTOS
1	RECEPCION DE BASES CIVILES Y REFRESCADO DE ANCLAS	4	PZA	6,40	0,625	3	2	0,125	5	\$78,75
2	RECEPCION DE ESTRUCTURA	1	PZA	1,60	0,625	3	2	0,125	5	\$78,75
3	MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE TC's	1	PZA	0,53	1,875	3	2	0,375	15	\$236,25
4	PLOMEADO Y ENTREGA DE ESTRUCTURA	1	PZA	1,60	0,625	3	2	0,125	5	\$78,75
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

<b>TOTAL</b>	30	\$472,50
--------------	----	----------

### ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE TPC 400 kV										
No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (UNIDAD/JOR)	JORNALES	M	A	DURACION (DIAS)	H-H	COSTOS
1	RECEPCION DE BASES CIVILES Y REFRESCADO DE ANCLAS	4	PZA	6.40	0.625	3	2	0.125	5	\$78.75
2	RECEPCION DE ESTRUCTURA	1	PZA	1.60	0.625	3	2	0.125	5	\$78.75
3	MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE DE TPC	1	PZA	0.53	1.875	3	2	0.375	15	\$236.25
4	PLOMEADO Y ENTREGA DE ESTRUCTURA	1	PZA	1.60	0.625	3	2	0.125	5	\$78.75
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

<b>TOTAL</b>	30	\$472.50
--------------	----	----------

### ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

MONTAJE DE ESTRUCTURA DE APARTARRAYOS 400 kV										
No	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	VOLUMEN	UNIDAD	RENDIMIENTOS (UNIDAD/JOR)	JORNALES	M	A	DURACION (DIAS)	H-H	COSTOS
1	RECEPCION DE BASES CIVILES Y REFRESCADO DE ANCLAS	4	PZA	6,40	0,625	3	2	0,125	5	\$78,75
2	RECEPCION DE ESTRUCTURA	1	PZA	1,60	0,625	3	2	0,125	5	\$78,75
3	MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE APARTARRAYOS	1	PZA	0,53	1,875	3	2	0,375	15	\$236,25
4	PLOMEADO Y ENTREGA DE ESTRUCTURA	1	PZA	1,60	0,625	3	2	0,125	5	\$78,75
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
<b>TOTAL</b>								30	\$472,50	



