



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION

- \* OBJETIVO DEL CURSO
- \* PRODUCTIVIDAD

PROF. M. EN A. JUAN JOSE DIMATTEO C.  
27, 28, 29 DE OCTUBRE, 1983

# Capítulo I

---

## Productividad y nivel de vida

### 1. El nivel de vida

Por **nivel de vida** se entiende el grado de bienestar material de que dispone una persona, clase social o comunidad para sustentarse y disfrutar de la existencia.

El nivel de vida del hombre medio o de la familia representativa en los diferentes países del mundo varía muchísimo de un país a otro, e incluso, dentro de cada país, de una comunidad a otra. Actualmente, gran parte de la humanidad sigue viviendo en condiciones de extrema pobreza, a pesar de los inmensos esfuerzos desplegados tanto a nivel nacional como internacional. Son todavía muchos los países en que el hombre medio satisface a duras penas sus necesidades básicas.

### 2. Condiciones necesarias para un nivel de vida mínimo aceptable

He aquí las necesidades esenciales que deben satisfacerse para que el nivel de vida alcance un mínimo decoroso:

**ALIMENTACION**

Alimentación diaria suficiente para reparar las energías consumidas en la vida y el trabajo cotidianos.

**VESTIDO**

Suficiente ropa y calzado para poder estar limpio y protegido contra la intemperie.

**ALOJAMIENTO**

Alojamiento que reúna las condiciones necesarias para dar abrigo en condiciones saludables y provisto de algunos enseres domésticos y muebles.

**SEGURIDAD**

Protección contra el robo o la violencia, contra la pérdida de posibilidades de empleo y contra la pobreza debida a enfermedad o vejez.

**SERVICIOS ESENCIALES**

Agua dulce potable, obras de saneamiento, asistencia médica, transportes públicos, así como servicios educativos y culturales que permitan a todos los hombres, mujeres y niños desarrollar plenamente sus dotes y facultades.

Los alimentos, la ropa y el alojamiento son generalmente bienes que el hombre debe procurarse por sí mismo, y para disfrutarlos tiene que pagarlos con su dinero o con su trabajo. A su vez, la seguridad y los servicios esenciales incumben en gran parte a los gobiernos y demás autoridades públicas. Corresponde normalmente a los ciudadanos costear los servicios públicos, de modo que cada individuo debe ganar lo suficiente para contribuir su parte, además de lo necesario para su sustento y el de su familia.

Toda nación o comunidad debe, a la larga, ser capaz de sostenerse a sí misma. El nivel de vida alcanzado dependerá de lo que logre el ciudadano medio con su propio esfuerzo y el de sus conciudadanos.

Cuanto mayor sea la producción de bienes y servicios en cualquier país, más elevado será el nivel de vida medio de su población.

Existen dos medios principales para acrecentar la producción de bienes y servicios: el primero consiste en aumentar el número de trabajadores ocupados; el segundo, en aumentar la productividad.

En toda comunidad donde haya hombres y mujeres capaces y deseosos de trabajar, pero que no puedan hallar trabajo o lo encuentren únicamente a jornada parcial, es posible incrementar la producción de bienes y servicios proporcionando a esas personas trabajo productivo a jornada completa, es decir, aumentando el nivel del empleo. Siempre que exista desempleo o subempleo, serán de suma importancia los esfuerzos que se desplieguen para incrementar el empleo, pero deben ir acompañados de una acción encaminada a elevar la productividad de las personas ya ocupadas. Es precisamente este último aspecto el que nos interesa.

Se pueden obtener:

- alimentos más abundantes y baratos aumentando la productividad de la agricultura;
- vestidos y alojamiento en mayor cantidad y a menor precio aumentando la productividad de la industria;
- servicios esenciales más numerosos y un nivel más elevado de seguridad aumentando la productividad y el poder adquisitivo en general, lo cual ampliará el margen para costear esos servicios.

### 3. ¿Qué es la productividad?

La productividad puede definirse de la manera siguiente:

**La productividad es la relación entre producción e insumo**

Esta definición vale para una empresa, una industria o toda la economía.

Más sencillamente, la productividad, en el sentido en que vamos a utilizar aquí este vocablo, no es más que el cociente entre la cantidad producida y la cuantía de los recursos que se hayan empleado en la producción. Estos recursos pueden ser:

- TIERRA*
- MATERIALES*
- INSTALACIONES, MAQUINAS Y HERRAMIENTAS*
- SERVICIOS DEL HOMBRE*

o, como ocurre en general, cualquier combinación de los mismos.

Tal vez comprobemos que la productividad de la mano de obra, de la tierra, de los materiales o de las máquinas en cualquier empresa, industria o país ha aumentado, pero este hecho en sí mismo no nos aclara las razones del incremento. El aumento de la productividad de la mano de obra, por ejemplo, puede deberse a una mejor planificación del trabajo por parte de la dirección, o a la instalación de nueva maquinaria. El aumento de la productividad de los materiales puede obedecer a la mayor pericia de los obreros, al mejoramiento de los modelos, etc.

Algunos ejemplos de cada una de estas clases de productividad servirán para aclarar este concepto.

#### *PRODUCTIVIDAD DE LA TIERRA*

Si utilizando mejores semillas, mejores métodos de cultivo y más fertilizantes es posible elevar de dos a tres quintales la producción de cereales por hectárea de un terreno determinado, tendremos entonces que la productividad de la tierra, desde el punto de vista agrícola, habrá aumentado en 50 por ciento. Podrá decirse que la productividad de la tierra utilizada para fines industriales ha aumentado si la producción de bienes o servicios en dicha tierra se ha incrementado por cualquier medio.

#### *PRODUCTIVIDAD DE LOS MATERIALES*

Si un sastre experto es capaz de cortar 11 trajes con una pieza de tela de la que un sastre menos experto sólo puede sacar 10 trajes, puede decirse que en manos del sastre experto la pieza se utilizó con un 10 por ciento más de productividad.

#### *PRODUCTIVIDAD DE LAS MAQUINAS*

Si una máquina-herramienta producía 100 piezas por cada día de trabajo y aumenta su producción a 120 piezas en el mismo tiempo gracias al empleo de mejores herramientas cortantes, la productividad de esa máquina se habrá incrementado en un 20 por ciento.

#### *PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA*

Si un alfarero producía 30 platos por hora y al adoptar métodos de trabajo más perfeccionados logra producir 40, su productividad habrá aumentado en un 33,33 por ciento.

En cada uno de estos ejemplos, de sencillez deliberada, también aumentó la producción, y siempre en un porcentaje idéntico al de la productividad. Pero un aumento de producción no supone de por sí un aumento de productividad. Si hay que añadir recursos proporcionalmente iguales al aumento de producción obtenido, la productividad no cambia. Y si los recursos utilizados crecen en un porcentaje mayor que la producción, el aumento de esta última se estará logrando al precio de un descenso de la productividad.

Por consiguiente, elevar la productividad significa producir más con el mismo consumo de recursos, o sea al mismo costo en lo que se refiere a tierra, materiales, tiempo-máquina o mano de obra, o bien producir la misma cantidad, pero utilizando menos recursos de tierra, materiales, tiempo-máquina o mano de obra, de modo que los recursos así economizados puedan dedicarse a la producción de otros bienes.

#### 4. Relación entre el aumento de la productividad y la elevación del nivel de vida

Vemos ahora más claramente cómo el aumento de la productividad puede contribuir a elevar el nivel de vida. Si se produce más al mismo costo o si se consigue la misma cantidad de producción a un costo inferior, la comunidad en conjunto obtiene beneficios que pueden ser utilizados por sus miembros para adquirir más bienes y servicios de mejor calidad, y elevar así su nivel de vida.

#### 5. La productividad en la industria

El aumento de la productividad de la tierra y del ganado es un problema que interesa a los técnicos agrícolas; no nos ocuparemos de él en este libro, que trata principalmente del aumento de la productividad en la industria y, sobre todo, en la fabril. Las técnicas de estudio del trabajo que se describen en esta obra pueden, no obstante, utilizarse con éxito dondequiera que se trabaje: en fábricas u oficinas, en tiendas o servicios públicos, e incluso en el campo.

Las telas para vestidos, muchas de las partes componentes de una casa, el material sanitario, las instalaciones de saneamiento y agua corriente, los medicamentos y artículos sanitarios, el equipo para hospitales y el material de defensa son todos productos industriales. También lo son muchos artículos necesarios para vivir por encima del nivel de mera subsistencia. Los utensilios domésticos, los muebles, las lámparas y estufas se fabrican generalmente en talleres grandes o pequeños. Muchos de los productos que necesita una comunidad moderna son demasiado complejos o voluminosos para que pueda fabricarlos la artesanía o la industria en pequeña escala. Las locomotoras y vagones de ferrocarril, los camiones, los generadores eléctricos, los teléfonos y las computadoras electrónicas son productos que necesitan costosa maquinaria para su fabricación, equipos especiales para su transporte y una multitud de trabajadores de muchísimos oficios. Cuanto mayor sea la productividad de las empresas que fabrican esos artículos, tanto mayores serán las posibilidades de poderlos vender en cantidad suficiente y a precios bastante módicos para todas las familias de la comunidad.

Son muchos los factores que influyen en la productividad de cada establecimiento, y no hay ningún factor que sea independiente de los demás. La importancia que deberá atribuirse a cada uno de los recursos — tierra, materiales, máquinas o mano de obra — depende de la empresa, de la industria y posiblemente del país de que se trate. En las industrias en que el costo de la mano de obra es reducido, en comparación con el de la materia prima o con el capital invertido en instalaciones y equipo (como en la industria química pesada, las centrales de energía eléctrica o las fábricas de papel), las mayores oportunidades de reducir los costos están en el mejor aprovechamiento de las materias primas y de las instalaciones. En los países en que escasean el capital y la mano de obra especializada, pero abunda la mano de obra no calificada y mal pagada, es de especial importancia que se trate de aumentar la productividad aumentando la producción por máquina, por instalación o por trabajador especializado. Con frecuencia resulta ventajoso contratar a más trabajadores no especializados si así se logra incrementar la producción de los capacitados. Esto lo saben la mayoría de los directores de empresa con experiencia práctica, pero muchos creen equivocadamente que la productividad se refiere tan sólo a la mano de obra, principalmente porque dicha productividad suele ser la base de las estadísticas sobre esta materia. En la presente obra consideraremos el aumento de la productividad como un problema consistente en sacar el máximo partido de todos los recursos disponibles y señalaremos constantemente casos de aumento de la productividad de los materiales o de las instalaciones.

## 6. Condiciones previas para el aumento de la productividad

Para elevar la productividad al máximo se precisa la acción de todos los sectores de la comunidad: gobiernos, empleadores y trabajadores.

Los gobiernos pueden crear condiciones favorables a los esfuerzos de los empleadores y de los trabajadores para aumentar la productividad. Para ello se precisa, entre otras cosas:

- disponer de programas equilibrados de desarrollo económico;
- adoptar las medidas necesarias para mantener el nivel de empleo, y
- tratar de crear oportunidades de empleo para los desempleados o subempleados y para los que pudieran quedar sin empleo como consecuencia de mejoras de la productividad en determinadas industrias.

Esto tiene particular importancia en los países en desarrollo, donde el desempleo constituye un grave problema.

Los empleadores y los trabajadores también tienen un importantísimo papel que desempeñar. La responsabilidad principal en lo que respecta al aumento de la productividad de una empresa corresponde a la dirección. Sólo ella puede crear un ambiente favorable para ejecutar un programa de productividad y obtener la cooperación de los trabajadores, que es esencial para el éxito del intento, aunque también se necesita la buena disposición previa de los trabajadores. Los sindicatos pueden esti-

mular activamente a sus afiliados a prestar dicha cooperación si están convencidos de que el programa, además de ser beneficioso para el país en general, será provechoso para los trabajadores.

## 7. La actitud de los trabajadores

Una de las mayores dificultades con que se tropieza para obtener la cooperación activa de los trabajadores es el temor de que el aumento de la productividad conduzca al desempleo, es decir, que sus propios esfuerzos los lleven a quedar sin empleo. Este temor se acentúa donde ya existe desempleo y donde es difícil que el trabajador que pierda su empleo encuentre otro. Incluso en los países económicamente desarrollados, ese temor causa verdadera angustia a quienes ya han conocido la desocupación.

Por consiguiente, si no se dan al trabajador garantías de que le ayudarán a resolver sus dificultades, se opondrá a cualquier medida que, con razón o sin ella, le parezca que lo llevará al desempleo, aunque sea por poco tiempo, mientras pasa de un trabajo a otro.

Aunque existan garantías escritas, las medidas encaminadas a aumentar la productividad probablemente tropiecen con resistencias. Estas se reducen generalmente al mínimo si todos los interesados comprenden la naturaleza y motivo de cada medida y participan en su aplicación. Debe instruirse a los representantes de los trabajadores en las técnicas de aumento de la productividad para que puedan explicarlas a sus compañeros y utilizar sus conocimientos para impedir que se adopten medidas que perjudiquen directamente a la clase trabajadora. La mejor manera de aplicar muchas de las garantías mencionadas consiste en recurrir a comités paritarios de productividad o a los consejos de empresa.

## Capítulo 2

# Productividad de la empresa

Como dijimos en el capítulo 1, hay varios factores que influyen sobre la productividad de una empresa. Algunos de ellos escapan al control de la dirección, como, por ejemplo, el nivel general de la demanda de bienes, el régimen tributario, los tipos de interés y la disponibilidad de materias primas, de equipo adecuado y de mano de obra calificada. Otros factores, en cambio, dependen de la empresa, y son los que vamos a examinar ahora.

### 1. Recursos a disposición de la empresa

Hemos definido la productividad como «la relación entre producción e insumo», tratándose de una empresa, una industria o la economía en conjunto.

La productividad de una serie determinada de recursos (insumo) es, por consiguiente, la cantidad de bienes o servicios (producto) que se obtiene de tales recursos. Los recursos a disposición de una industria manufacturera<sup>1</sup> son los siguientes:

**TERRENOS Y EDIFICIOS**

Terreno bien situado para levantar los edificios y demás instalaciones necesarios para los negocios de la empresa, y los edificios que se construyan en ese terreno.

**MATERIALES**

Materiales que puedan ser transformados en productos para la venta, incluidos el combustible, los productos químicos que se utilizan en el proceso de fabricación y los materiales de embalaje.

**MAQUINAS**

Instalaciones, herramientas y equipo necesarios para llevar a cabo la fabricación, manipulación y transporte de los materiales; equipo de calefacción y ventilación e instalación generadora de energía; muebles y útiles de oficina.

<sup>1</sup> Las observaciones que siguen acerca de la productividad se aplican igualmente a las industrias no manufactureras. El uso adecuado de la mano de obra, del equipo y de otros recursos es tan importante en la administración de un territorio, de una compañía de aviación o de los servicios municipales como puede serlo para síng una fábrica.



## 13. MANO DE OBRA

Personal de uno y otro sexo para llevar a cabo las operaciones de fabricación, proyectar y dirigir, de empeñar trabajos de oficina, diseñar e investigar, comprar y vender.

El uso que se hace de todos estos recursos combinados determina la productividad de la empresa.

Los recursos consisten en artículos y servicios «reales». Por consiguiente, cuando se consumen en la producción, se efectúan gastos «reales», cuyo importe puede calcularse en dinero. Como aumentar la productividad significa producir más utilizando los mismos recursos, equivale también a hacer bajar los costos monetarios y retirar mayores beneficios netos por unidad de producción.

## 2. Cometido de la dirección

Ahora bien, alguien tiene que ocuparse de que los recursos se aprovechen lo más posible y se combinen de la manera que rinda la mayor productividad posible. Ese es, evidentemente, el cometido de la dirección de la empresa.

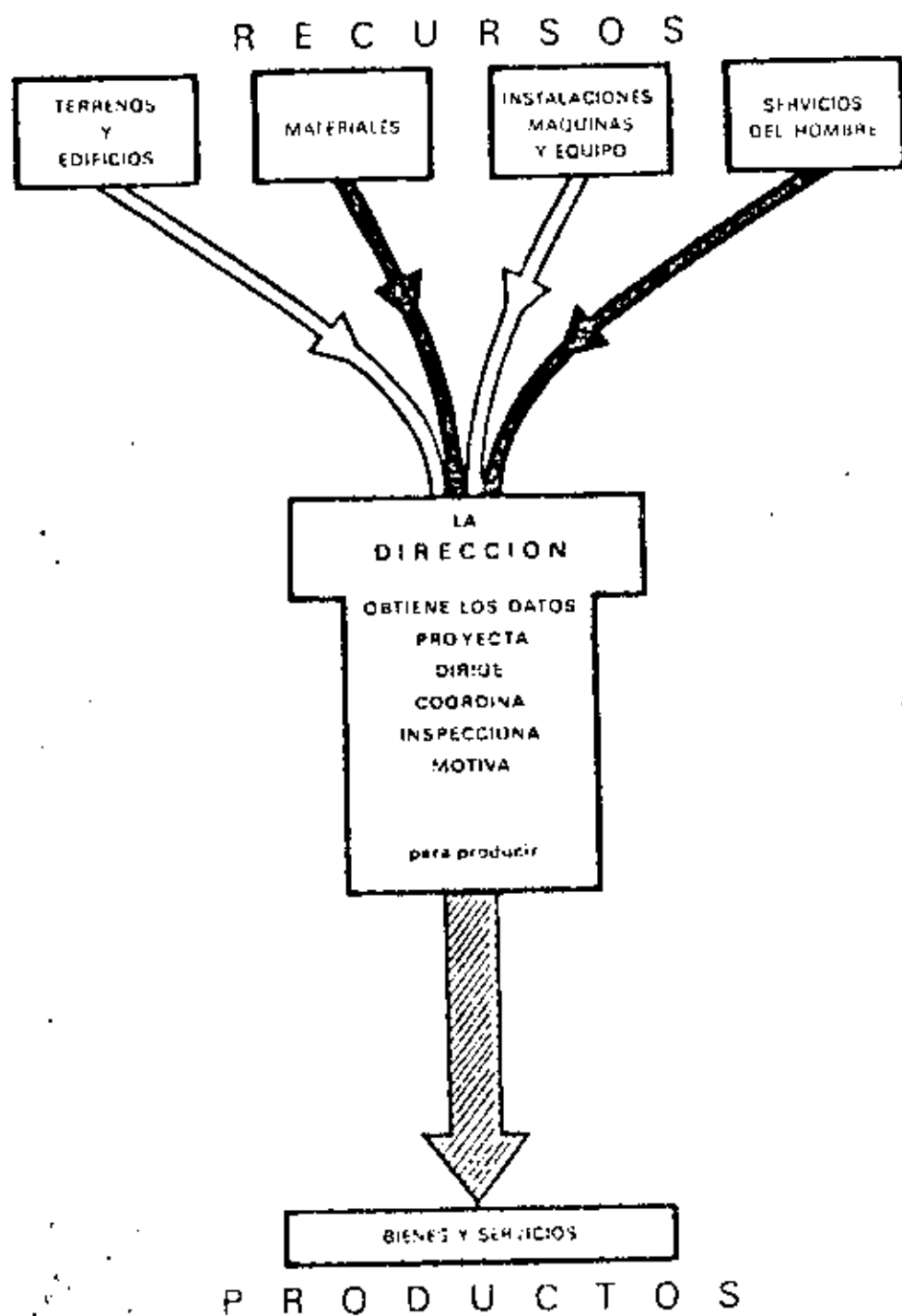
En todo negocio en que intervenga más de una persona, la función de equilibrar el uso de los recursos y coordinar la actividad de todos los participantes para lograr el máximo de resultados es precisamente la de la dirección o gerencia. Si los dirigentes no atinan a tomar las medidas de cada caso, la empresa acabará por fracasar: los cuatro recursos de que hablábamos perderán la coordinación entre sí, y el conjunto marchará a sacudidas, deteniéndose aquí por falta de materiales, allí por falta de equipo, más allá porque las máquinas han sido mal elegidas y peor cuidadas o porque los empleados no pueden o no quieren hacer todo lo que saben. La posición clave de la dirección puede representarse por un diagrama (figura 1).

No es éste el lugar más adecuado para examinar las actividades enumeradas en el diagrama y con las cuales la dirección transforma los recursos de que dispone en artículos acabados. (En la lista de obras de consulta que figura en el apéndice 5 podrán hallarse los títulos de algunas obras sobre dirección de empresas.) Sin embargo, tal vez no esté de más aclarar que aquí empleamos el vocablo «motivar» con el sentido de «dar una razón o motivo a los demás para que quieran hacer una cosa». De nada sirve que la dirección reúna datos, prepare planes y lleve a cabo otras actividades si las personas a quienes encomienda la realización de los planes no desean ejecutarlos y sólo lo hacen por obligación. La coerción no da el mismo resultado que la acción voluntaria. Por eso, una de las funciones de la dirección, tal vez la más difícil, consiste en inspirar a otras personas el deseo de cooperar; conseguir la participación gustosa y activa de los trabajadores de toda categoría es la única forma de hacer triunfar la empresa.

## 3. La productividad de los materiales

La importancia relativa de cada uno de los recursos que se habían mencionado, y que aparecen en la figura 1, varía según la naturaleza de la empresa, el país en que opera, la disponibilidad y costo de cada categoría de recursos, la índole del

Figura 1. Papel de la dirección en la coordinación de los recursos de la empresa



producto y los procesos de fabricación. Hay muchas industrias en que el costo de las materias primas representa 60 por ciento o más del costo del artículo terminado, correspondiendo el 40 por ciento restante a mano de obra y gastos generales. Muchos países tienen que importar una parte considerable de sus materias primas básicas y abonarlas en divisas extranjeras escasas. En cualquiera de los dos casos, la productividad de los materiales es un factor determinante para los costos de producción o funcionamiento; es probable que sea mucho más importante que la productividad de la mano de obra o de los terrenos, e incluso que la de las instalaciones y maquinaria. Aun cuando la técnica del estudio del trabajo, objeto de la presente obra, se refiera primordialmente al aprovechamiento de las instalaciones y de los servicios de la mano de obra, puede muchas veces hacer ahorrar materiales, directa o indirectamente, por ejemplo, al evitar la construcción de edificios gracias a un mejor aprovechamiento del espacio disponible. Sin embargo, en general, las economías de material, directas e indirectas, pueden efectuarse:

- en el momento de proyectar o especificar un producto:
  - eligiendo el diseño que permita fabricar el producto con el menor consumo posible de materiales, particularmente cuando éstos sean escasos o caros;
  - asegurándose de que las instalaciones y equipo cuya adquisición se especifica sean los más económicos en cuanto a los materiales que necesiten para funcionar (por ejemplo, combustible) con determinado nivel de rendimiento;
- en la fase de fabricación o funcionamiento:
  - asegurándose de que el procedimiento usado sea el más adecuado;
  - asegurándose de que se aplique como es debido;
  - asegurándose de que los operarios estén debidamente capacitados y «motivados» para que no sea necesario rechazar su trabajo por defectuoso, con la consiguiente pérdida de material;
  - cuidando de que el material se manipule y almacene debidamente en todas las fases, desde su estado de materia prima hasta el de artículo terminado, empezando por eliminar toda manipulación y transporte innecesarios;
  - cuidando el embalaje para evitar desperfectos en las mercaderías expedidas al cliente.

Para muchos países, la economía de materiales es tan importante que se justificaría un volumen exclusivamente dedicado a esa cuestión.

#### **4. La productividad del terreno y de los edificios, de las máquinas y de la mano de obra**

El aprovechamiento eficaz o la máxima productividad de terrenos y edificios puede ser una causa muy importante de reducción de costos, particularmente cuando la empresa está en expansión y necesita ampliar sus locales. Toda reducción que se haga en el proyecto original antes de adquirir el terreno o de construir los edificios representa tanto menos capital que inmovilizar (o renta que pagar),

un ahorro de materiales y de instalaciones, que posiblemente habría habido que importar, y una probable economía en el pago de impuestos, además de un ahorro en futuros gastos de mantenimiento. En los capítulos 9 y 10 se hallarán algunos ejemplos de economía de espacio y de las técnicas de estudio del trabajo empleadas para conseguirla.

Vamos ahora a estudiar la productividad de las instalaciones, de la maquinaria, del equipo y de la mano de obra. Consideremos nuevamente la naturaleza de la productividad, que ya definimos en términos sencillos como «la relación aritmética entre producción e insumo», y añadamos ahora la noción de tiempo. En efecto, para calcular la productividad se toma como base la cantidad de mercancías que se obtiene de una máquina o de un trabajador en un tiempo dado y se la expresa entonces como la producción de mercancías o servicios en cierto número de «horas-hombre» o de «horas-máquina».

### 5. Cómo se descompone el tiempo total invertido en un trabajo

- Una hora-hombre es el trabajo de un hombre en una hora.
- Una hora-máquina es el funcionamiento de una máquina o de parte de una instalación durante una hora.

El tiempo invertido por un hombre o por una máquina para llevar a cabo una operación o producir una cantidad determinada de productos puede descomponerse de la manera que se indica gráficamente en la figura 2.

#### Contenido básico de trabajo del producto o de la operación<sup>1</sup>

Contenido de trabajo significa, por supuesto, la cantidad de trabajo «contenido en» determinado producto o proceso y evaluado en horas-hombre o en horas-máquina<sup>2</sup>. El contenido básico de trabajo es el tiempo que se invertiría en fabricar un producto o en llevar a cabo una operación si el diseño o la especificación fuesen perfectos, el proceso o método de fabricación u operación se desarrollasen a la perfección y no hubiese pérdida de tiempo por ningún motivo durante la operación (aparte las pausas normales de descanso que se dan al obrero). Así pues, el contenido básico de trabajo es el tiempo mínimo irreducible que se necesita teóricamente para obtener una unidad de producción.

Estas son evidentemente condiciones teóricas perfectas que nunca se encuentran en la práctica, aunque a veces se logre una aproximación considerable, particularmente en la industria química y petrolera. En general, los tiempos invertidos en las operaciones son muy superiores a los teóricos.

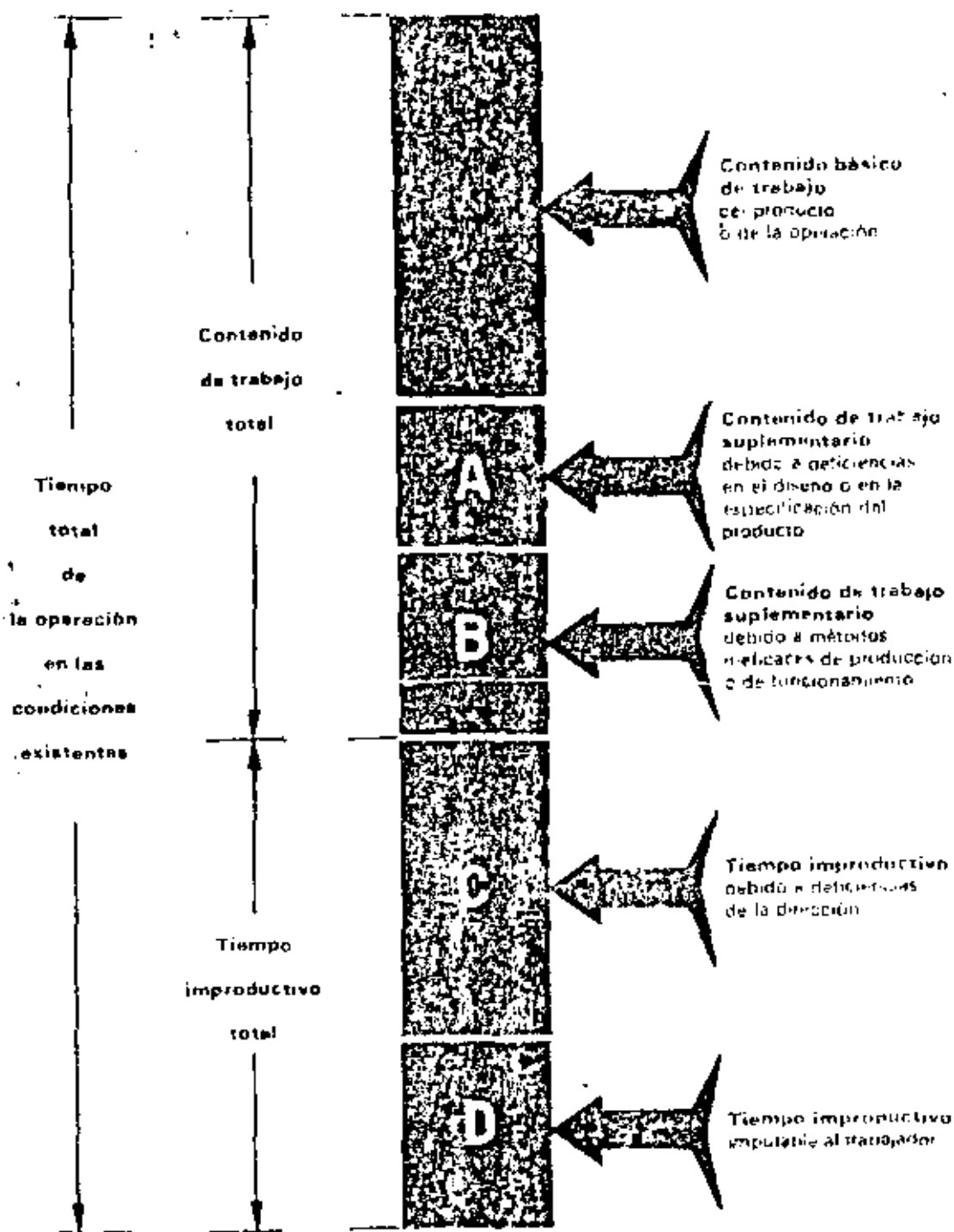
#### Elementos que vienen a sumarse al contenido básico de trabajo

Al contenido básico de trabajo vienen a sumarse los elementos siguientes:

<sup>1</sup> Añadimos las palabras «o de la operación» porque esta descripción se aplica también a las industrias de servicios, como el transporte o el comercio al por menor.

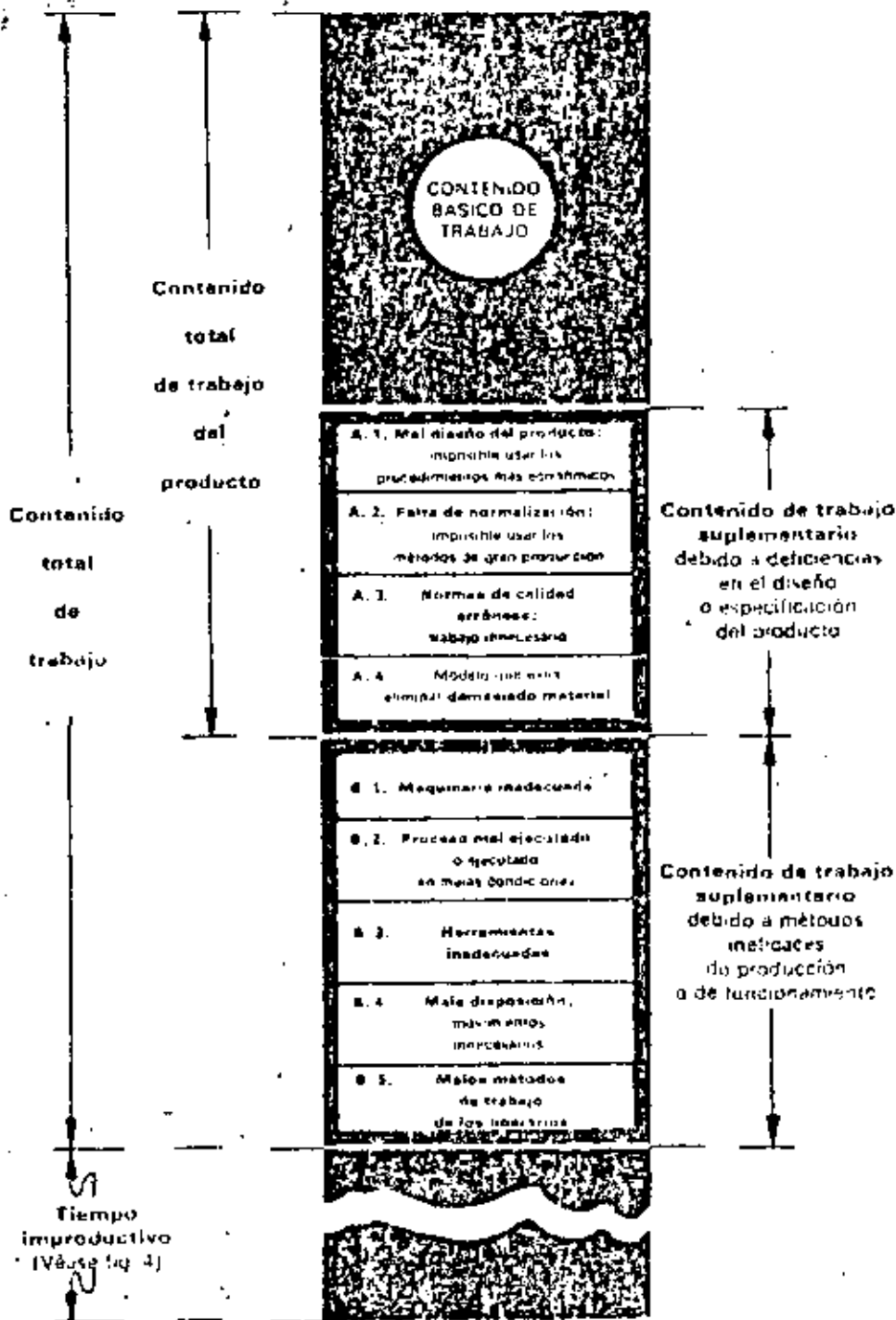
<sup>2</sup> Esta definición difiere ligeramente de la dada en el glosario compilado por el Instituto Británico de Normas, denominado en la jerga *B.S. Glossary* (British Standards Institution: *Glossary of terms used in work study* (Londres, 1964). Véase nota al pie de la figura 2.

Figura 2. Cómo se constituye el tiempo de fabricación



*Nota:* En el B.S. Glossary se da a los términos contenido de trabajo y tiempo improductivo un significado más preciso que éste y ligeramente del empleado aquí. Como el glossario se refiere a las técnicas de medición del trabajo que se practican por ahora en esta nación y en el próximo emplearemos los dos expresiones dadas con el sentido con que fue esta definido en el texto.

Figura 3. - Contenido de trabajo debido al producto y al proceso



**A. Contenido de trabajo suplementario debido a deficiencias en el diseño o en la especificación del producto**

Se observa principalmente en las industrias manufactureras, aunque se equivalente en otras industrias, como el transporte, podría ser un servicio de autobuses cuya especificación exija modalidades de funcionamiento tales que el recorrido lleve más tiempo del necesario. Este contenido de trabajo suplementario es el tiempo que se invierte por encima del contenido básico de trabajo y que se debe a características del producto que es posible suprimir (véase figura 3).

**B. Contenido de trabajo suplementario debido a métodos ineficaces de producción o de funcionamiento**

Es el tiempo invertido por encima del contenido básico de trabajo más A, debido a deficiencias inherentes al proceso o método de fabricación o de funcionamiento (véase figura 3).

El contenido básico de trabajo presupone una labor ininterrumpida que en la práctica rara vez se logra, incluso en las empresas mejor organizadas. Toda interrupción que obligue al trabajador o a la máquina, o a ambos, a suspender la producción o las operaciones que estaban realizando, sea cual fuere su causa, debe ser considerada tiempo improductivo (véase nota al pie de la figura 2), ya que durante el periodo de interrupción no se realiza ninguna labor que sirva para concluir la tarea iniciada. El tiempo improductivo disminuye la productividad al prolongar la operación. Aparte las interrupciones por causas que nadie puede evitar dentro de la empresa, como un apagón o un aguacero repentino, las causas del tiempo improductivo pueden ser de dos clases.

**C. Tiempo improductivo debido a deficiencias de la dirección**

Es el tiempo durante el cual el hombre o la máquina, o ambos, permanecen inactivos porque la dirección no ha sabido planear, dirigir, coordinar o inspeccionar eficazmente (véase figura 4).

**D. Tiempo improductivo imputable al trabajador**

Es el tiempo durante el cual el hombre o la máquina, o ambos, permanecen inactivos por motivos que podría remediar el trabajador (véase figura 4).

La magnitud relativa de las diversas secciones de la figura 2 carece de significado especial y puede variar de una operación a otra o según la empresa de que se trate, incluso para una misma tarea. Gracias a la aplicación del estudio del trabajo, con frecuencia ha sido posible reducir el tiempo de un trabajo a la mitad e incluso a la tercera parte de su duración inicial, sin agotar en modo alguno las posibilidades de nuevas reducciones.

Examinemos ahora cada una de esas causas del exceso de tiempo empleado (contenido de trabajo suplementario o tiempo improductivo) y analicemos detalladamente algunos de sus motivos.

## 6. Factores que tienden a reducir la productividad

### A. Contenido de trabajo suplementario debido al producto (figura 3)

Las características del producto pueden influir sobre el contenido de trabajo de una operación determinada de las siguientes maneras:

1. El producto y sus partes componentes pueden estar diseñados de tal forma que resulte imposible emplear los procedimientos o métodos de fabricación más económicos, cosa que sucede especialmente en las industrias metalúrgicas y sobre todo en las de gran producción. Es posible que al diseñar los componentes no se hayan tomado en cuenta las ventajas de la maquinaria de alta producción. (Ejemplo: puede ser que el diseño de una plancha de metal obligue a cortarla, remacharla y soldarla, en vez de moldearla con prensa en una sola operación.)
2. La diversidad excesiva de productos o la falta de normalización de los componentes suele imponer la necesidad de fabricarlos por lotes pequeños, con máquinas no especializadas y más lentas que las de producción en gran escala (véase también C, punto 2).
3. La fijación equivocada de normas de calidad, por exceso o por defecto, puede incrementar el contenido de trabajo. Es corriente en los talleres fijar márgenes de tolerancia muy reducidos, que requieren trabajo de fresa adicional e innecesario; además, por tal procedimiento aumenta el número de trabajos desechados, con el desperdicio consiguiente de material. Por otra parte, con material de calidad demasiado baja será difícil lograr el acabado que se desea o se necesitará una preparación especial (por ejemplo, limpieza) para poder utilizarlo. La calidad del material es particularmente importante cuando se aplica la automatización.
4. Los componentes de un producto pueden tener un modelo tal, que para darles forma definitiva sea preciso eliminar una cantidad excesiva de material. Esto aumenta el contenido de trabajo de la tarea y ocasiona desperdicios de material. (Ejemplo: ejes con diámetros muy diferentes diseñados en una sola pieza.)

Por consiguiente, la primera medida para aumentar la productividad y reducir el costo del producto es suprimir del modelo y especificación todas las características que tiendan a causar un exceso en el contenido de trabajo y que los diseñadores o la dirección puedan evitar. Hasta donde sea posible, habrá que eliminar la producción de los artículos fuera de serie que pidan los clientes, siempre que exista un producto de serie adecuado.

### B. Contenido de trabajo suplementario debido al proceso o método (figura 3)

¿Cómo pueden influir la aplicación ineficaz del proceso o los métodos ineficaces de producción o funcionamiento sobre el contenido de trabajo de una tarea?

1. Si se utiliza una máquina de un tipo o tamaño inadecuado cuya producción sea inferior a la de la máquina apropiada. (Ejemplos: un trabajo propio de un torno de revolver ejecutado en un gran torno; un tejido estrecho colocado sobre un telar demasiado ancho.)



2. Si el proceso no funciona adecuadamente, es decir, en las condiciones debidas de alimentación, ritmo, velocidad de recorrido, temperatura, densidad de solución o en las demás condiciones que rigen su funcionamiento. O si las instalaciones o la maquinaria se hallan en mal estado.
3. Si se utilizan herramientas inadecuadas.
4. Si la disposición de la fábrica, taller o lugar de trabajo impone movimientos innecesarios o pérdida de tiempo o energías.
5. Si los métodos de trabajo del operario entrañan movimientos innecesarios, pérdida de tiempo o energías.

Es preciso observar que el concepto de contenido de trabajo en función del tiempo se basa en el supuesto de que el trabajo se hace a un ritmo medio constante. Cada minuto suplementario que lleve la operación porque se aminoró la cadencia debe contarse como tiempo improductivo, pero esto no viene al caso ahora.

La productividad óptima del proceso sólo se logrará cuando se efectúe con el menor desperdicio de movimientos, tiempo y esfuerzo y en condiciones de máxima eficiencia. Habría que suprimir todo lo que origine movimientos innecesarios del trabajador en el taller o en su mismo puesto de trabajo.

Como puede verse, todos los elementos que constituyen el contenido de trabajo suplementario pueden ser imputables a deficiencias de dirección, incluso los malos métodos de trabajo de los operarios, si se deben a que la dirección no se ocupó de hacer formar y vigilar debidamente a su personal.

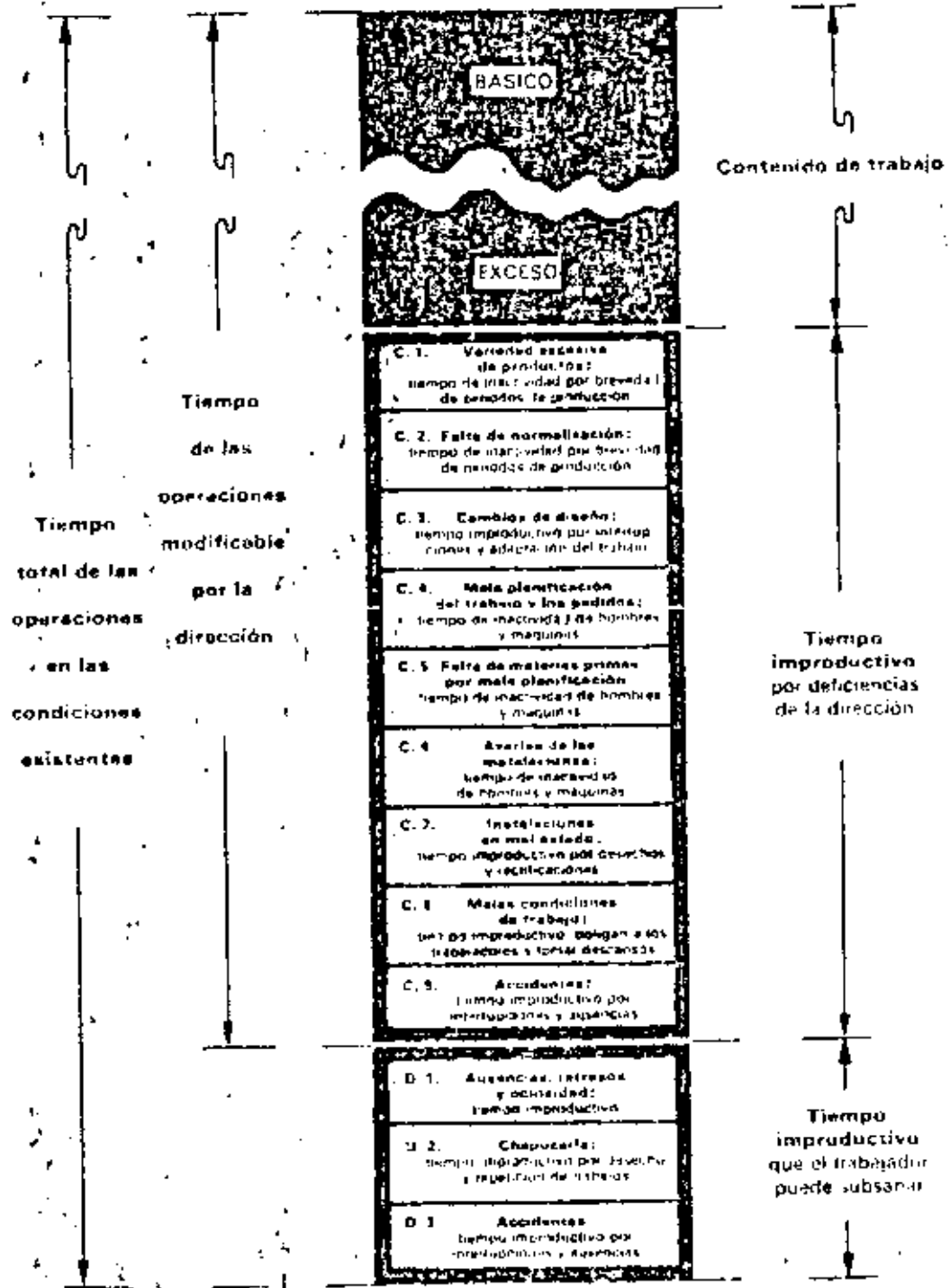
#### C. Tiempo improductivo imputable a la dirección (figura 4)

Pasemos ahora a considerar el tiempo improductivo en el ciclo de fabricación. ¿Por qué errores de la dirección puede ser causado?

1. Por una política de ventas que exija un número excesivo de variedades de un producto, lo cual impone períodos de producción breves para cada serie y la inactividad de las máquinas mientras se adaptan para fabricar el producto siguiente. Los trabajadores no tienen oportunidad de adquirir pericia y rapidez en ninguna de las operaciones.
2. Por no normalizar, hasta donde sea posible, las partes componentes de los diversos productos o de un mismo producto, con efecto similar, es decir, operaciones demasiado breves y tiempos inactivos<sup>1</sup>.
3. Por no cuidar desde un principio de que los diseños estén bien concebidos y se respeten exactamente las indicaciones del cliente, a fin de evitar más tarde modificaciones del modelo, con las consiguientes interrupciones de trabajo, pérdida de horas-máquina y horas-hombre y desperdicio de material.
4. Por no planificar la secuencia de las operaciones y de los pedidos, con el resultado de que los pedidos no se suceden inmediatamente y las instalaciones y la mano de obra no trabajan de modo continuo.

<sup>1</sup> Como en el caso de «contenido de trabajo» y de «tiempo improductivo», en el *B.S. Glossary* se da al término «tiempo inactivo» un significado técnico preciso. Dicho significado no tiene importancia aquí.

Figura 4. Tiempo improductivo imputable a la dirección y a los trabajadores



5. Por no organizar el abastecimiento de materias primas, herramientas y demás elementos necesarios para efectuar el trabajo, de modo que la fábrica y la mano de obra tienen que esperarlos.
6. Por no conservar las instalaciones y maquinaria en buen estado, con las interrupciones consiguientes por averías de la maquinaria.
7. Por permitir que las instalaciones y maquinaria funcionen en mal estado, con los consiguientes desechos y rectificaciones. El tiempo invertido en repetir un trabajo es tiempo improductivo.
8. Por no crear condiciones de trabajo que permitan al operario trabajar en forma sostenida.
9. Por no adoptar precauciones adecuadas contra los accidentes, que son causa de pérdidas de tiempo.

#### D. Tiempo improductivo imputable al trabajador (figura 4)

Finalmente, ¿de qué modo puede el trabajador, por su actividad (o inactividad), ser causa de tiempo improductivo?

1. Ausentándose del trabajo sin causa justificada; llegando tarde al trabajo; no poniéndose a trabajar inmediatamente después de registrar su entrada; no trabajando o haciéndolo despacio deliberadamente.
2. Trabajando con descuido que origine desechos o repeticiones de trabajo. La repetición es una pérdida de tiempo y el desecho supone desperdicio de material.
3. No observando las normas de seguridad y siendo víctima o causa de accidentes por negligencia.

En general, pues, es mucho más el tiempo improductivo imputable a deficiencias de la dirección que a causas que dependan de los trabajadores. En muchas industrias, el trabajador muy poco puede hacer para modificar las condiciones en que debe producir, particularmente en las industrias que emplean muchas instalaciones y máquinas para elaborar productos complejos (véase capítulo 3).

Si se logra eliminar todos los factores enumerados bajo los epígrafes precedentes (ideal que, por supuesto, nunca se da en la práctica) se habrá llegado al tiempo mínimo para producir un artículo determinado, y por lo tanto a la productividad máxima.

## Capítulo 3

# Reducción del contenido de trabajo y del tiempo improductivo

Alcanzar la productividad máxima con los recursos existentes es un cometido que siempre recaerá en la dirección, con la cooperación de los trabajadores y, en algunos casos, con asesoramiento científico o técnico especial. Para lograrlo, la dirección deberá tratar de reducir el contenido de trabajo y el tiempo improductivo.

### 1. Reducción del contenido de trabajo inherente al producto

Si el diseño de un producto no permite utilizar los procesos y métodos de fabricación más económicos, ello suele deberse a que los diseñadores no conocen bien tales procesos; es lo que ocurre sobre todo en la industria metalúrgica, la fabricación de muebles y la confección. Para evitarlo, es preciso que el personal de la oficina de estudios y el de producción colaboren estrechamente desde un principio. Si el artículo ha de fabricarse en grandes cantidades o formar parte de una serie de productos similares fabricados por la empresa, convendrá buscar la manera de simplificar la producción en la fase de estudio aplicado del producto. Entonces, el personal de producción puede examinar los componentes y montajes y sugerir las modificaciones necesarias, antes de invertir dinero en herramientas y equipo de producción. También pueden hacerse en esa fase modificaciones del modelo que eviten tener que suprimir demasiado material, así como ensayos prácticos para comprobar si el producto reúne las condiciones técnicas necesarias. En las industrias químicas y afines, la instalación experimental viene a ser el equivalente de esa fase de estudio del producto. En el transporte aéreo, por citar una industria no manufacturera, el equivalente es el servicio de experimentación o los vuelos de ensayo con los grandes aviones de pasajeros.

La especialización y la normalización, que examinaremos más detalladamente en la sección 4, son técnicas con las cuales es posible reducir la multiplicidad de productos o de componentes y aumentar la importancia de cada serie, de modo que se puedan utilizar procedimientos de fabricación en gran escala.

Si se exigen normas de calidad superiores a las que necesita el producto para dar buen resultado, llevará generalmente más tiempo fabricarlo, por el esmero especial que exigirá, y además se rechazarán trabajos «imperfectos» innecesariamente. Los clientes piden a veces un grado de precisión o un acabado más perfectos de lo que es necesario. Si, en cambio, se descuida la calidad, particularmente la del material, quizá se prolongue el tiempo de fabricación porque es más difícil trabajar

con material de inferior calidad. En otras palabras, las normas de calidad deben ajustarse a las necesidades. No deberán ser ni demasiado altas ni demasiado bajas y habrán de ser estables. La dirección deberá conocer exactamente las necesidades del mercado y las del consumidor, así como también las exigencias técnicas del producto mismo. Las primeras pueden determinarse mediante el estudio del mercado y el estudio de la clientela. Si el nivel de calidad se fija basándose en consideraciones técnicas, tal vez no se pueda determinar sin un estudio aplicado del producto. Corresponde al control de calidad o inspección asegurar que la producción de los talleres responda a la calidad exigida. Los encargados de esta función deberán conocer a fondo las normas fijadas para poder comunicar a los diseñadores cuáles se podrían modificar con objeto de aumentar la productividad.

La figura 5 ilustra cómo se reduce el contenido de trabajo de un producto aplicando esas técnicas. (En los diagramas del presente capítulo, al igual que en los del precedente, el tamaño de los diversos rectángulos carece de significado especial y su valor es puramente ilustrativo.) Existe otra técnica más, que se emplea también para reducir el contenido de trabajo originado por el proceso o método de fabricación, el análisis del valor, o sea la investigación sistemática del producto y de sus métodos de fabricación para reducir los costos y aumentar su utilidad y valor.

## 2. Reducción del contenido de trabajo debido al proceso o al método

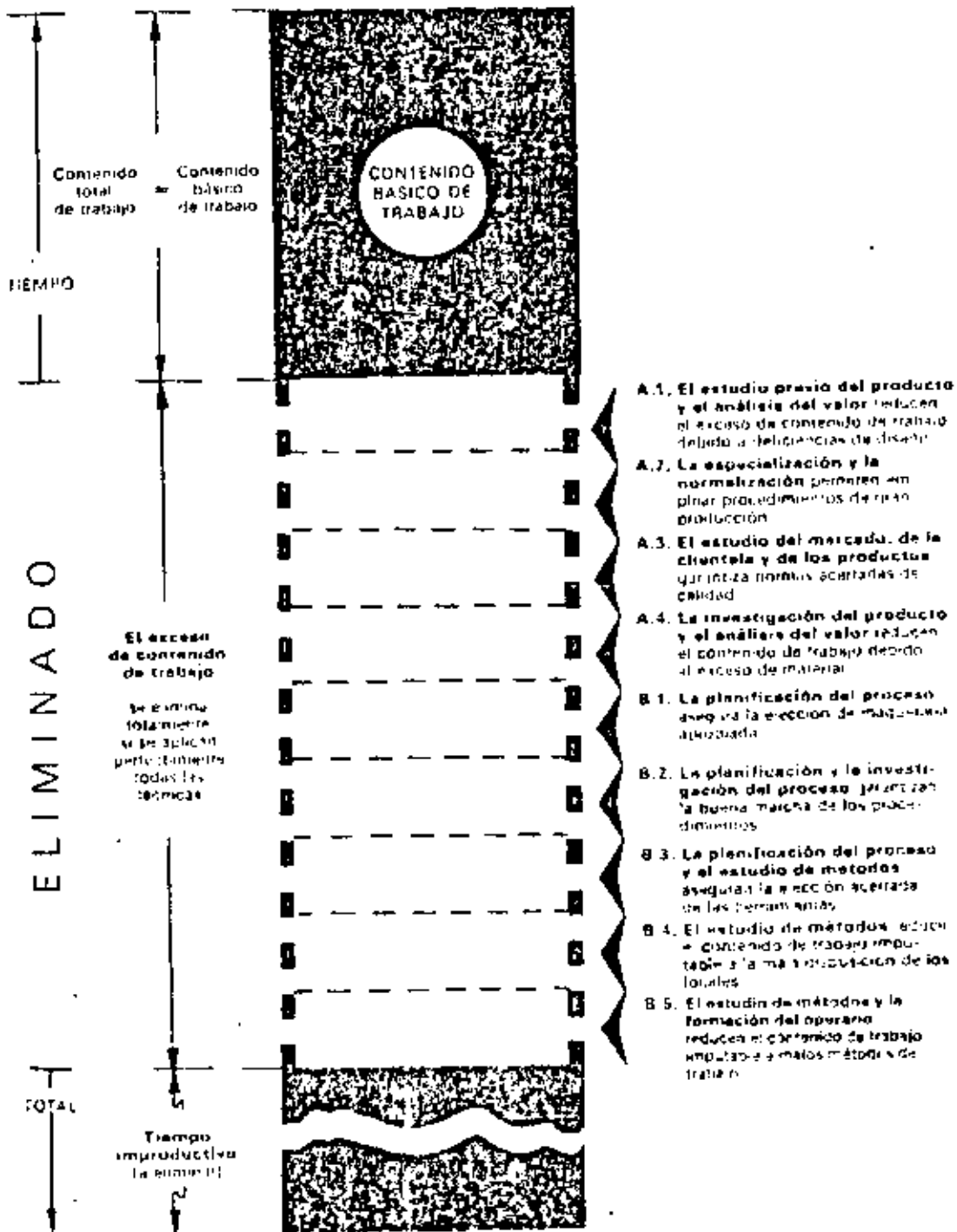
Si se adoptan las medidas pertinentes para eliminar las características que motivan trabajo innecesario antes de que comience la producción, será posible concentrar los esfuerzos en reducir el contenido de trabajo del proceso.

Es corriente hoy día, entre las empresas que han heredado su manera de trabajar de la industria mecánica, que haya un departamento encargado de la planificación del proceso, el cual especifica la maquinaria necesaria para fabricar el producto y sus partes componentes, los tipos de herramientas, su velocidad de rotación, la cadencia de avance del material a través de las distintas operaciones y otras características relativas al funcionamiento de la maquinaria. En las industrias químicas, el departamento de investigación científica suele fijar tales características. En las industrias manufactureras de todas clases tal vez sea necesario que el departamento de investigación del proceso realice estudios para descubrir las mejores técnicas fabriles. Un servicio adecuado de conservación asegurará el buen funcionamiento de las instalaciones y de la maquinaria, contribuyendo así a prolongar su duración y a reducir el capital invertido. La planificación del proceso, junto con el estudio de métodos, permitirán elegir las herramientas que más convengan.

La disposición de la fábrica, del taller o del lugar de trabajo y los métodos que aplica el operario son el campo de acción del estudio de métodos, una de las dos disciplinas del estudio del trabajo, que constituye el tema principal de la presente obra. No nos extenderemos más sobre este particular porque en los capítulos 7 a 12 trataremos detalladamente del estudio de métodos. Este último, a su vez, está vinculado con la formación del operario, que contribuye a mejorar los métodos que aplica el obrero.

La figura 5 muestra el efecto de esas técnicas cuando se emplean para reducir el contenido de trabajo del proceso.

Figura 5. *Cómo pueden las técnicas de dirección ordenar el exceso de contenido de trabajo*



### 3. Reducción del tiempo improductivo imputable a la dirección

La responsabilidad de la dirección de lograr una productividad elevada es siempre decisiva, particularmente en lo que atañe a la reducción del tiempo improductivo, que puede ser causa de grandes pérdidas, aun cuando sean excelentes los métodos de trabajo.

La reducción del tiempo improductivo comienza con la orientación que los directores de la empresa adopten en cuanto a la clientela que se propongan conquistar (política de ventas). El nivel de productividad que pueda lograrse dependerá de si la empresa decide especializarse en un número reducido de productos fabricados en gran cantidad al menor costo posible, para poder venderlos a bajo precio, o si trata más bien de atender a los pedidos especiales de cada cliente. Fabricar gran variedad de productos significa detener la maquinaria con frecuencia para adaptarla a cada uno de ellos; de esa forma, los operarios no pueden adquirir rapidez porque no practican bastante ninguna tarea.

Esa decisión deberá adoptarse con pleno conocimiento de sus posibles efectos. Desgraciadamente, la variedad de productos se multiplica inadvertidamente en muchas compañías porque en el afán de vender se acepta cualquier pedido con variantes quizá muchas veces innecesarias. Por eso, la especialización puede ser un paso importante para eliminar el tiempo improductivo.

La normalización de los componentes contribuirá también a reducir el tiempo improductivo. Suele ser posible estandarizar la mayoría de los componentes de una serie de modelos del mismo tipo, con lo que se consigue prolongar las series de producción e invertir menos tiempo en la adaptación de la maquinaria.

Gran parte del tiempo improductivo se debe a que no se verifica si el producto cumple bien su propósito o si reúne las condiciones que exigen los consumidores antes de emprender de lleno su producción. El resultado es que hay que volver a diseñar o modificar algunas partes, con la pérdida consiguiente de tiempo, de dinero y de material. El tiempo invertido en hacer de nuevo una pieza es tiempo improductivo. La finalidad de la fase de estudio previo del producto, mencionada en la sección 1, es efectuar las modificaciones antes de que el producto entre en la fase de producción.

Planear programas adecuados de trabajo para que instalaciones y operarios tengan siempre tarea sin tener que esperar es lo que se denomina **planificación de la producción**, y la función de velar por la realización de ese programa se denomina **control de la producción**. Sólo se podrá trazar y aplicar un programa adecuado si las normas de ejecución están bien pensadas, y para eso se emplea la **medición del trabajo**, que es la segunda técnica del estudio del trabajo. En la parte del presente libro dedicada a la medición del trabajo se analiza detenidamente la importancia de saber exactamente el tiempo que se invierte en cada tarea (véanse capítulos 13 a 23).

Los trabajadores y las máquinas pueden permanecer inactivos por no estar listos los materiales o las herramientas en el momento preciso. El **control de materiales** sirve para prever y obtener a tiempo lo que se necesitará, y a la vez para abastecerse en las condiciones más económicas y no tener que acumular demasiadas existencias, lo que evidentemente reduce los fondos inmovilizados en existencias y en almacenes.

Las averías de máquinas e instalaciones causan inactividad, reducen la producción y aumentan el costo de fabricación, pero pueden limitarse al mínimo con un servicio adecuado de conservación. Los productos salidos de instalaciones y máquinas en mal estado serán deficientes y habrá que desechar algunos. El tiempo que se pierda así será tiempo improductivo.

Si la dirección no vela por que las condiciones de trabajo sean buenas, aumentará el tiempo improductivo, pues los trabajadores tendrán que descansar más para reponerse de la fatiga o de los efectos del calor, del humo, del frío o de la mala luz; si tampoco cuida de la seguridad en el trabajo, aumentará el tiempo improductivo por las horas perdidas en accidentes y absentismo.

Puede suceder que, aun cuando se haya limitado el contenido de trabajo de un producto o de un proceso al mínimo posible para las condiciones existentes, subsista gran desperdicio de actividad, simplemente porque no se aprovecha bien el tiempo; en ese caso la responsabilidad la tiene sobre todo la dirección.

En la figura 6 se ilustra cómo es posible reducir esa pérdida de tiempo aplicando ciertas técnicas de dirección.

#### 4. Reducción del tiempo improductivo imputable al trabajador

También depende de los trabajadores que se aproveche bien el tiempo. Es creencia general que el que ejecuta un trabajo manual puede hacerlo más de prisa o más despacio a voluntad. Sólo es verdad hasta cierto punto. La mayoría de los operarios que llevan mucho tiempo ejecutando un trabajo adquieren cierto ritmo, que es el normal de cada uno, mediante el cual logran su rendimiento óptimo. Un obrero capacitado en un trabajo y habituado a él no puede de hecho trabajar mucho más de prisa, salvo durante períodos cortos, pero se sentirá igualmente molesto si se lo obliga a trabajar a un ritmo más lento que el suyo propio. Todo intento de acelerar esa cadencia, sin enseñarle que es posible por medio de capacitación especial, le hará cometer más errores. En cambio, el trabajador puede ganar tiempo reduciendo los períodos en que no trabaja, es decir, cuando charla con sus compañeros, fuma un cigarrillo, espera la hora de registrar su salida, llega tarde o se ausenta.

Para reducir ese tiempo improductivo es preciso lograr que el trabajador quiera reducirlo. Por eso le corresponde a la dirección crear condiciones que inspiren al obrero el deseo de seguir adelante.

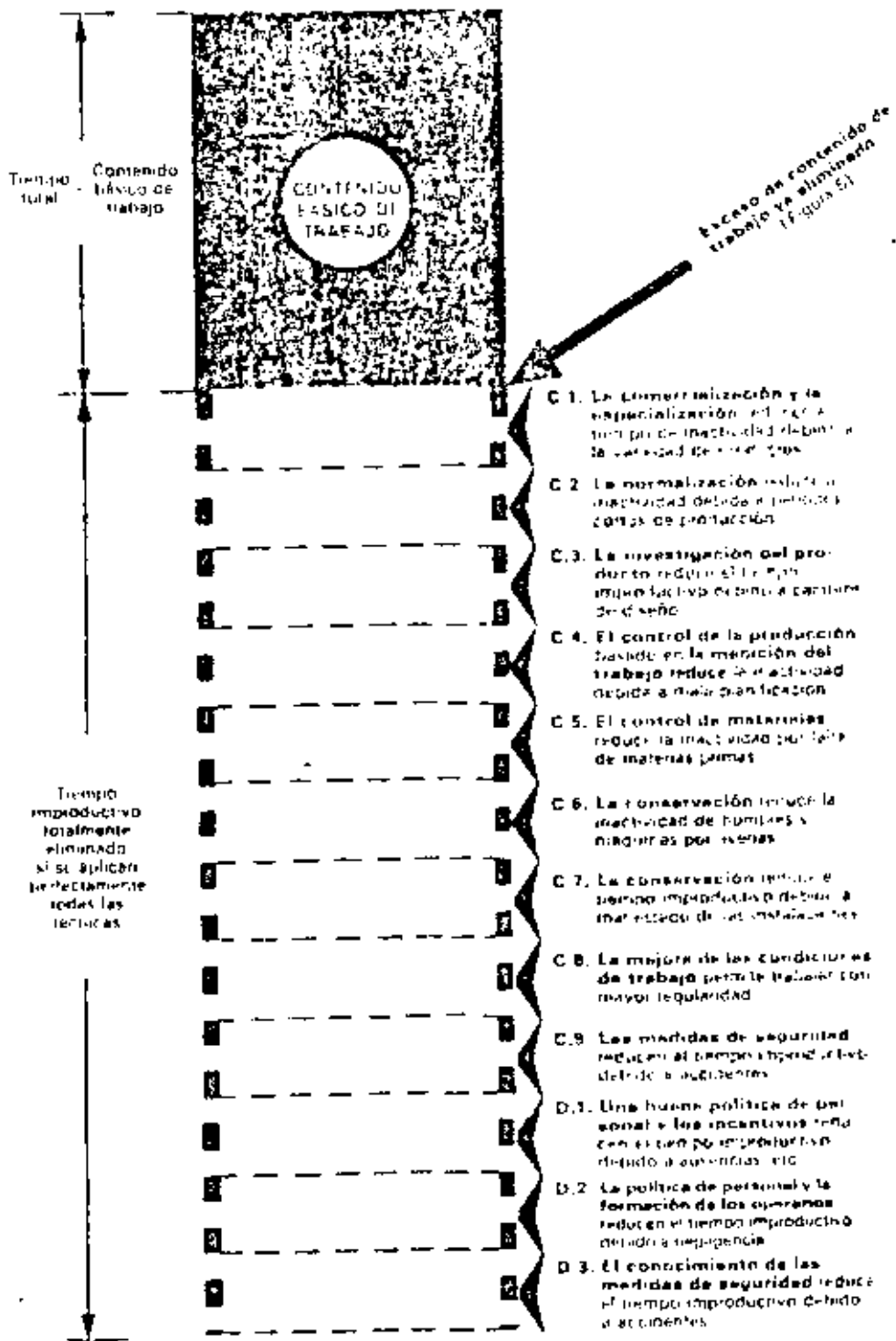
En primer lugar, con malas condiciones de trabajo es difícil aplicarse mucho tiempo seguido sin descansos frecuentes, lo cual crea en el trabajador un estado de espíritu en que no tiene siquiera voluntad de probar.

Segundo, si el trabajador cree que para la dirección no es más que un instrumento de producción, cuya personalidad no cuenta, se limitará a esforzarse justo lo necesario para no perder el empleo.

Tercero, si el trabajador no sabe lo que hace ni por qué lo hace, si ignora lo más elemental acerca de las actividades generales de la empresa, no se puede esperar que dé lo mejor de sí.



Figura 6. Cómo pueden las técnicas de diseño reducir el tiempo improductivo



Cuarto, si el obrero cree que la dirección no le hace justicia, se sentirá agraviado y no rendirá todo lo que puede.

La buena voluntad del operario para adelantar su trabajo y reducir ese tiempo improductivo depende mucho de la política de personal de la dirección y de su actitud frente a los trabajadores. La política de personal gobierna las relaciones generales entre la dirección y los obreros y empleados. Si dichas relaciones no son buenas, será muy difícil aplicar satisfactoriamente las técnicas de dirección. Crear condiciones propicias para que existan buenas relaciones es uno de los aspectos del arte de dirigir. Una política de personal bien llevada supone que se enseñará a todos los mandos, de toda categoría, la actitud que deben observar frente a los obreros y la forma en que deben comportarse en sus relaciones con ellos.

Otros elementos que pueden estimular al trabajador a reducir el tiempo improductivo, y contribuir por lo tanto a aumentar la productividad, son un ambiente motivador, un trabajo variado y una estructura de salarios bien concebida, que incluya, cuando las circunstancias se presten, sistemas de remuneración por rendimiento.

El descaído en el trabajo y la negligencia que pueden ser causa de accidentes obedecen a una actitud mental de los trabajadores que sólo será posible superar mediante una buena política de personal y una formación adecuada. Como puede verse, por consiguiente, es muy grande la responsabilidad de la dirección en lo que se refiere al tiempo improductivo debido a la actividad o inactividad de los trabajadores.

En la figura 6 se ilustra gráficamente cómo se emprende su reducción.

## 5. Correlación entre los diversos métodos para reducir el tiempo improductivo

Ninguno de los métodos que hemos examinado puede realmente aplicarse solo; cada uno incluye en los demás. Es imposible planificar debidamente los programas de trabajo sin normas fijadas gracias a la medición del trabajo. El estudio de métodos se puede utilizar para simplificar los modelos y facilitar el uso y producción del artículo de que se trate. La planificación de la producción se allana si una buena política de personal y un sistema de incentivos bien aplicados alientan a los trabajadores a ser cumplidores. La normalización facilitará el control de los materiales al disminuir la variedad de materiales que adquirir y tener en stock. La investigación del proceso, al suprimir las partes de instalaciones que puedan sufrir frecuentes averías, permitirá aplicar más fácilmente un sistema adecuado de conservación.

La dirección de la producción, en la actualidad, tiene por objeto aumentar la eficacia de la producción; para ello se concentra en varios aspectos de la producción tales como diseño de productos y utilización de materiales, control de calidad, disposición de la fábrica y manipulación de materiales, planificación y control de la producción, dirección del mantenimiento y estudio del trabajo. Esa dirección moderna se ocupa igualmente de los sistemas mediante los cuales estas actividades se pueden llevar a cabo de forma racional en la empresa, aislada o conjuntamente. El estudio del trabajo constituye un valioso instrumento en este proceso.

Como podrá verse, hemos pasado gradualmente en este capítulo del estudio de la productividad de una empresa, en su conjunto, al estudio de la productividad de una parte, es decir, la de las instalaciones y la mano de obra: máquinas y hombres. Hemos examinado brevemente algunos de los métodos que pueden influir sobre la productividad, a fin de indicar la gran diversidad de procedimientos que pueden emplearse para resolver los problemas de la productividad. Los restantes capítulos de este libro están dedicados a examinar más detenidamente uno de los citados métodos: el estudio del trabajo.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION

SISTEMAS DE PRODUCCION

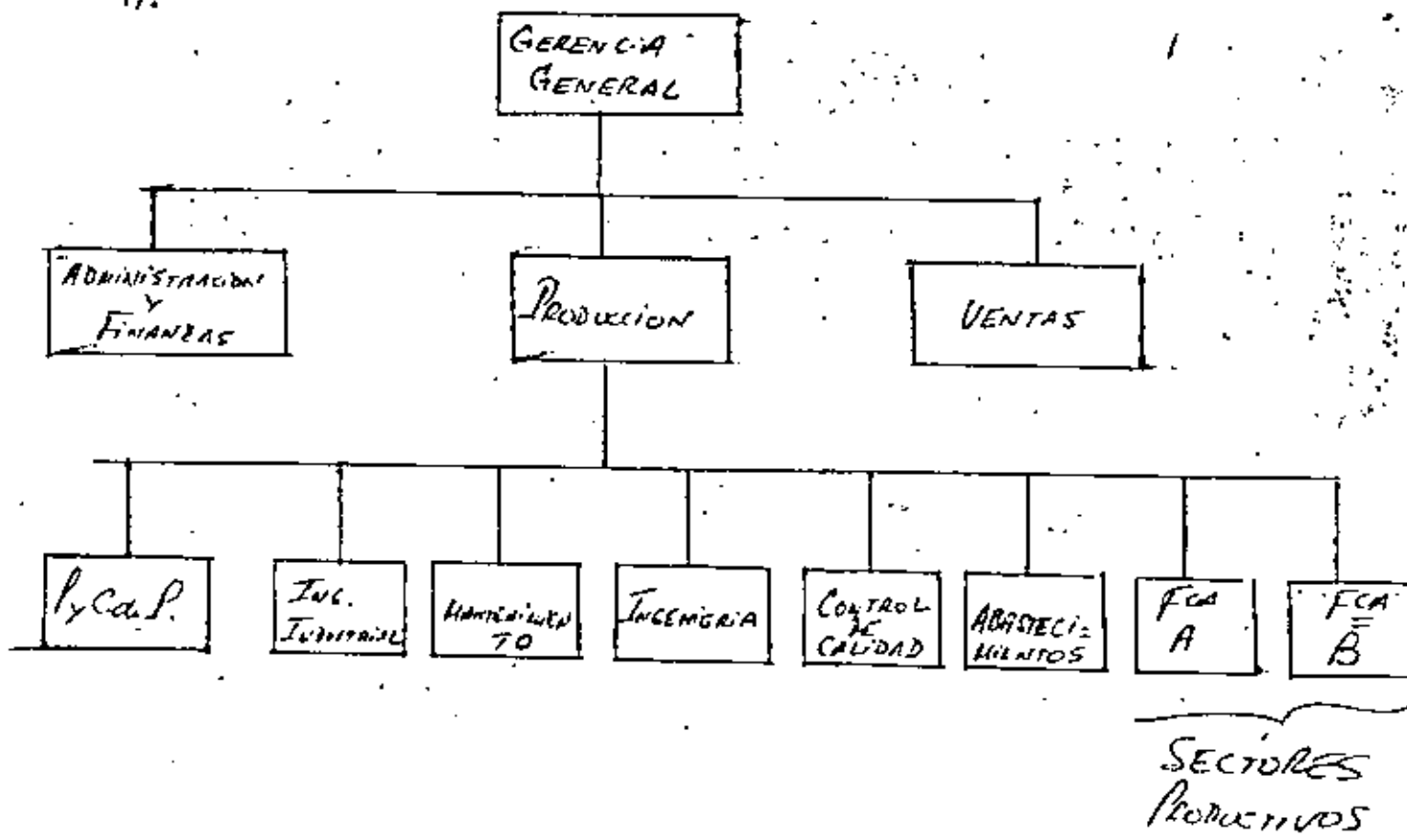
PROF. M. EN A. JUAN JOSE DIMATTEO C.  
27, 28, 29 DE OCTUBRE, 1983

CONCEPTO DE SISTEMA DE PRODUCCION. - Es la armazón o esqueleto de las actividades dentro del cual ocurre la creación del valor.

CONCEPTO DE SISTEMA. - Es un conjunto de elementos interrelacionados con un objetivo común.

Dentro de este Sistema de Producción que acabamos de definir existen subsistemas, es decir sistemas más pequeños que forman parte del todo. Por ejemplo podemos hablar de un subsistema de información, un subsistema para planear y controlar la producción, para control de calidad, para inventarios, etc.

En estas notas abordaremos el Subsistema de Planeación y Control de la Producción. Para ello tratemos de ubicarlo dentro del organigrama de la empresa (fig. # 1).



Debe entenderse en primer lugar que la función de Planeación y Control de la Producción (P. y C. de P) es de Coordinación. Es decir requiere de información y cooperación entre varias áreas de la empresa.

La relación con ventas (mercadotecnia) debe ser bidireccional. Del Departamento de Ventas provienen los pedidos y las fechas de entrega prometidas. Los pedidos indican cantidades y fechas de embarque. Esta información es esencial para iniciar la planeación de la producción.

Sin embargo es común que haya problemas entre Ventas y Producción. Incluso hay empresas que estimulan una cierta competencia entre ambos departamentos.

Recuerdo un razonamiento que escuché en un Departamento de Ventas y que creo explica bien el conflicto que suele plantearse. "Cuando las ventas van bien, ello se debe a que las políticas y procedimientos de ventas son muy buenos. Cuando las ventas van mal, ello se debe a que el producto es malo o no se cumple con los compromisos de entrega".

Para evitar estos problemas (y aquí aparece la bidirección) el departamento de P. y C. de P. debe proporcionar informes a ventas sobre los tiempos críticos en la fabricación, para la compra de materiales y partes, las especificaciones de los productos que son factibles de producir y la relación de órdenes de trabajo que pueden demorar el cumplimiento de los pedidos particulares.

La relación con el Departamento de Ingeniería es obvia. Se necesitarán dibujos técnicos, especificaciones, heliográficas y otras informaciones descriptivas acerca de los productos y procesos comprendidos en la fabricación.

La P. y C. de P. necesita estos datos para hacer las hojas de ruta, lista de materiales, etc.

Nuevamente suelen presentarse fricciones entre estos departamentos. Los de ingeniería piensan que producción no quiere saber nada con cambios y los de producción resienten la alteración de programas y rutas cuando ingeniería hace tales cambios.

La relación con lo que hemos llamado "Sector Productivos" es, desde luego, la que comprende la mayor parte de la actividad de la P. y C. de P. Casi todos los despachos van al departamento de fabricación y la mayoría de las expediciones se hace con este grupo. Cuando hay ruido en las comunicaciones entre estos dos departamentos, o se presenta algún conflicto, lo firma puede encontrarse con verdaderos problemas.

La relación con el departamento de personal comprende el problema de disponibilidad de empleados y la adquisición de nuevos. Personal requiere saber cuántos empleados se requerirán en el futuro y a menudo recurre a P. y C. de P. para obtener esta información.

Las relaciones con compras aparecen como obvias. Compras necesita saber, con bastante antelación, las cantidades y especificaciones de los materiales que se requerirán.

Esta información debe provenir de P. y C. de P.- De la misma manera P. y C. de P. necesita retroalimentación para saber si los materiales están disponibles o no y si llegarán en el momento adecuado para cumplir con el programa de producción. Ultimamente apareció una nueva función del departamento de compras llamado "Análisis del Valor" que fundamentalmente estudia materias y procesos alternativos. Esta nueva función ha aumentado la necesidad de comunicación con P. y C. de P. y con ingeniería.

Con el Departamento de Ingeniería Industrial se requiere un contacto muy estrecho. En ocasiones I.I. depende de P. y C. de la P. (en algunos organigramas se da la inversa).

Ingeniería Industrial deberá proporcionar datos sobre tiempos, distancias, disposición óptima de equipos, movimiento de materiales, inventarios, capacidad de máquinas, etc.

#### LAS FUNCIONES DE P. y C. de la P :

Las funciones o tareas difieren mucho de acuerdo con el tamaño y tipo de industria.

No obstante, podemos enumerar las siguientes funciones para el caso más general.



1. Análisis de pedidos para determinar las materias primas y partes que se necesitarán. (Pronósticos)
2. Planeamiento de los trabajos.
3. Preparación de las órdenes de trabajo y de los modelos impresos para las mismas, de la redacción, de las tarjetas de tiempo, de los vales de almacén, etc.
4. Llevar el control de inventarios.
5. Solicitudes de compra:
  - a. reponer materiales
  - b. artículos comprados afuera
6. Lista de operaciones y hojas de ruta.
7. Estudios de tiempos y movimientos.
8. Carga de máquinas.
9. Reparto diario del trabajo.
10. Control del avance de trabajos.
11. Registros de Producción.
12. Control de Subcontratos.
13. Ayudar a hacer las estimaciones de costo sobre los órdenes.
14. Autorización de pedidos en empresas que trabajan cerca de su capacidad máxima.

#### TIPOS DE CONTROL DE LA PRODUCCION

En realidad no podemos hablar de un tipo determinado de Control de Producción - pues un Sistema puede funcionar en una empresa y fracasar en otra similar.

Los factores básicos que hacen que un Sistema de Control sea más conveniente -

que otro, incluyen el tamaño de la compañía, la cantidad de detalles requeridos para el control, la naturaleza de los procesos, la naturaleza de los artículos y los tipos de mercados en los cuales está la empresa.

Dado que hoy tantas variables, se han desarrollado varios tipos generales de sistemas para el control de la producción.

Los más comunes son:

1. Control por órdenes. Es el más común. Se usa para los sistemas intermitentes y de trabajo por lote. Los pedidos llegan a la fábrica en gran variedad de artículos y cantidades. Debido a esto, la P. y C. de P. debe basarse en órdenes individuales. Volveremos sobre el.
2. Control del flujo. Se utiliza para sistemas continuos (industria química, la petrolera y cualquier producto fabricado en cantidades masivas). En este caso se traza una ruta para el proceso y se hace la planeación cuando se hace la disposición de equipos. O sea que se establece una línea de producción balanceada. El Departamento de P. y C. de P. controla el flujo del trabajo dentro del sistema.

Como es muy común, lo analizaremos más en detalle.

3. Control de bloques. Lo encontramos en la industria textil, la industria editorial de fibros, etc. - La razón básica es que debemos mantener las cosas separadas. Por ejemplos en la industria de la confección de ropa, debemos mantener las partes componentes separados por talle y estilo.

Por lo tanto, el Sistema de Control típico implica trabajar en un bloque de -

varias unidades de mangas, frentes, espaldas, cuellos, etc. O sea que es posible cortar quizás un lote de 50 espaldas, puños, cuellos, etc., todo de una vez. Entonces ese bloque se traslada a una operación de ensamble en donde son cosidas, y así continúa el proceso, manteniendo constantes el color, la tela, el modelo, en el mismo bloque.

En el campo de los libros y revistas, es esencial el control por bloques para evitar mezclar las páginas o colocarlas en una secuencia equivocada.

4. Control de Proyectos Especiales. Si tenemos trabajos que son especialmente costosos o laboriosos para terminarlos, tales como la construcción de un puente, un reactor, un horno grande, obras de ingeniería civil, etc. se instituya este tipo de control

En vez de tener conjuntos de formas elaborados para la ruta y la programación, un hombre o un grupo se mantienen en estrecho contacto con el trabajo. Por ser especialmente importante y común, lo hemos incluido como un tema aparte en este curso.

Antes de pasar a analizar en detalle cuales son las etapas de un sistema de control por órdenes o por flujo, es conveniente aclarar un poco más el concepto de producción intermitente y producción continua.

#### Producción Intermitente: Principales características.

1. Maquinaria de propósito general

2. Equipo de movimiento de materiales de trayectoria variable ó general.
3. Producción de lotes pequeños con gran variedad de productos.
4. Producción basada en órdenes de venta.
5. Menores costos para lotes pequeños.
6. Menores inversiones en activos fijos.
7. Mayor flexibilidad en la producción.

Ejemplos: Talleres mecánicos en general, fábricas de anuncios publicitarios, contratistas de edificios, etc.

#### Producción Continua: Principales características.

1. Menores costos para lotes grandes.
2. Menor movimiento de materiales. Equipo automático y mecanizado.
3. Costos de inventarios menores por unidad de producción.
4. Mayor rendimiento del espacio por unidad producida.
5. C. y P. de P. Simplificado. - Menor necesidad de órdenes y controles. Secuencia lógica.

Ejemplos: Fabricación de automóviles, artículos alimenticios enlatados, artículos electrodomésticos, fábricas de papel, cemento, etc.

#### PLANEACION Y CONTROL DE LA P. EN SISTEMAS INTERMITENTES: (Control por órdenes).

Las actividades de la P. y C. de la P. están basados en los órdenes y están coordinadas por el uso de números de órdenes. Cada pedido tiene un número durante

todo el proceso.

Cuando se recibe el pedido, el departamento de P. y C. de P. deberá determinar:

1. Las materias primas y las partes necesarias para cumplir el pedido.
2. Las operaciones que se requerirán.

El primer punto puede ser resultado de un análisis de ingeniería o pueden tomarse de una lista maestra de materiales, si se lo ha hecho antes.

Se elabora entonces la lista de materiales que deberá incluir:

1. Nombre y número del producto.
2. Materias primas requeridas y sus cantidades.
3. Especificaciones (dibujos, heliográficas, etc.)
4. Número de orden y número de piezas a fabricarse.

El segundo elemento que se recibe de ingeniería es la hoja de ruta. Esta contiene el orden de los pasos u operaciones que se requieren para completar la orden.

Además indica el tipo de máquina, las herramientas necesarias, y el tiempo de cada operación.

Un ejemplo de Hoja de Ruta es el siguiente:

HOJA DE RUTA										
Orden No. _____		Fecha Inicio _____			Fecha Iniciación _____					
Pieza # _____		# de Piezas _____			% Defectuosos _____					
Material _____		Entrega en _____			Materias Primas _____					
Of.	Operación	Máquina	TIEMPOS				FECHA		Inspec.	Observac.
			Prep.	Maq.	Lote	Total	I	T		
1	Cortar Láminas	Cizalla								
2	Cortar Círculos	Cortadora								
3	Agujerear	Prensa								
4	Rebabeear	A mano								
5	Etc.									

Una vez que se tiene lo anterior comienza la Programación Cronológica. Esto implica determinar los requisitos de tiempo para realizar cada trabajo.

Es recomendable trabajar en forma retrogresiva, es decir, a partir de la fecha en que debe entregarse el producto y avanzar hacia el principio. Para formular el programa es necesario contestar a otras preguntas. ¿Cuál es la capacidad de Producción? , ¿Cuál es la carga de máquinas actual? , ¿Qué tiempo se requiere para mover materiales entre los diferentes centros productivos? , ¿Qué tiempo se deberá asignar para inspección?, ¿Qué materias primas hay en el almacén y cuánto tardan en conseguirse las que faltan?, ¿Cuáles son las prioridades de fabricación? .

Una vez que hemos contestado a estas preguntas es posible comenzar a establecer fechas. El procedimiento más común para esto son los gráficos de GANTT que pueden fabricarse en forma manual o con tableros comprados.

Veamos la forma que toma un gráfico Gantt para la construcción de un galerón.

Días \ Actividades	1 a 7	8 a 15	16 a 23	24 a 31
Movimiento de tierra	■			
Excavación	■	■		
Fundación		■		
Estructura		■	■	
Recubrimiento			■	
Pintura			■	
Electricidad				■

El paso siguiente es la Expedición. Esto es la emisión de las órdenes de trabajo que pasarán al taller. Los datos que contiene una orden de trabajo son bastantes parecidos a los de las hojas de ruta. En algunos casos la orden de fabricación tiene datos escuetos: cantidad a producirse y fecha de entrega. El encargado de producción decide en este caso en que máquinas se hace el trabajo, con que gente y demás detalles de implementación. Es decir que el encargado de producción hace la programación final.

Esto a dado origen a lo que se llama Expedición Descentralizado (que es este último caso) o la Expedición Centralizada (que es cuando P y C de P indica todos los detalles).

Junto con los órdenes de producción, deberán emitirse otras como requisiciones de compra, movimientos de materiales, herramientas, etc.

Todas las actividades mencionadas hasta aquí son en realidad de planeación. Una vez emitidas las órdenes comienza la fabricación y se presenta la necesidad del Control.

Estas actividades de control se conocen con el nombre de continuidad de la producción. Consisten esencialmente en comprobar que las cosas se están haciendo de acuerdo a lo planeado y aplicar medidas correctivas en caso de desviaciones.

Lo fundamental en esta etapa es el establecimiento de un Sistema de Comunicaciones adecuado. Estas comunicaciones incluyen reportes sobre las órdenes terminadas, interrupciones, ausentismo, desperdicios, inspección, inventarios actualizados, etc.

Se adjunta un formato que ejemplifica un reporte de tiempo perdido.

Resumiendo: La p y C de P. de los sistemas intermitentes requiere:

- 1) Análisis de las órdenes para determinar lista de materiales y la hoja de ruta.
- 2) Reunir la información necesaria para poder elaborar los programas cronológicos.



- 3) Despacho de órdenes y comienzo de la producción.
- 4) Actividades de continuidad para ver si los planes se llevan a cabo. En caso contrario, se deberán aplicar las medidas correctivas del caso.

P. y C. de P. en Sistemas de Producción Continua: (Control del Flujo).

En este caso las actividades de planeación y control son mucho más sencillas. No hay que preocuparse por la ruta, ya que la misma ha sido predeterminada al diseñar la planta.

El arreglo del equipo está basado en productos estandarizados, y las máquinas se colocan en secuencia. Las máquinas están conectadas con dispositivos de trayectoria fija para el movimiento de los materiales. Incluso el despacho de órdenes a los trabajadores se reduce mucho pues los mismos no ejecutan una pluralidad de trabajos, sino que hacen tareas especializadas día tras día.

La mayoría de los procedimientos empleados en el control por órdenes, no se usan para la planeación del flujo. Básicamente un sistema de P.C.P. de Control del Flujo trabaja con:

- 1.- Elaboración de pronósticos para determinar cuántas unidades producir de los artículos estandarizados para inventarios o pedidos futuros. (los pronósticos de producción son distintos de los pronósticos de ventas).
- 2.- Planeación de los suministros (materias primas, herramientas, etc.) para tener abastecido al sistema cerca de la capacidad máxima de producción).
- 3.- Emisión de volantes de producción (equivalente al Despacho de Ordenes de Trabajo) que van al encargado de producción (y no a los supervisores), incl

cando cuántas unidades producir en un determinado tiempo.

4.- Actividades de control dirigidas a asegurarse que se mantenga un flujo de trabajo.

Como los sistemas continuos producen grandes cantidades, el control de inventarios adquiere mucha importancia y puede ser responsabilidad de P.C.P.

Si este es el caso, la gente de P.C.P. dedica mucho tiempo a esta actividad (que está implícita en el punto No. 2 de la lista anterior), tratando de cumplir con los objetivos del control de inventarios.

## EJEMPLO SOBRE PROGRAMACION DE LA PRODUCCION.

Se desea programar la carga de trabajo para las máquinas del departamento de maquinado de la fábrica de válvulas en la próxima semana. La planta trabajará sólo 8 horas al día, de lunes a viernes, y el sábado sólo de 8.00 a.m. a 13.00 p.m. No se trabajará tiempo extra. Usar la carta de Gantt para representar la programación. Los datos son los siguientes:

Partes	Cantidad	Material disponible	Terminación
No. 1 Cuerpo	1,400	Lunes 8.00 A.M.	Jueves 5.00
No. 2 Maneral	700	Lunes 8.00 A.M.	Sábado 12.00
No. 3 Bushing	300	Lunes 8.00 A.M.	Jueves 5.00
No. 4 Vástago	1,200	Martes 8.00 A.M.	Sábado 12.00
No. 5 Estopero	1,500	Martes 8.00 A.M.	Sábado 12.00

Tiempo de montaje y operación:

## MAQUINAS

Parte	Tiempos	Torno común	Torno vertical Autom.	Rascadora Autom.	Torno Autom.
No. 1	Montaje hrs. Operac. hr./pza.	— —	2.00 0.01	1.00 0.02	4.00 0.02
No. 2	Montaje hrs. Operac. hr./pza.	3.00 0.05	4.00 0.07	— —	1.00 0.05
No. 3	Montaje hrs. Operac. hr./pza.	1.00 0.18	— —	1.00 0.10	— —
No. 4	Montaje hrs. Operac. hr./pza.	2.00 0.12	2.00 0.04	2.00 0.04	— —
No. 5	Montaje hrs. Operac. hr. pza.	— —	2.50 0.05	2.00 0.03	4.00 0.02
Número de máquinas disponibles		1	1	2	2
Costo de operación \$ hr		\$ 95	\$ 80	\$ 40	\$ 40
Costo de montaje por Intermaquina					
Parte No. 1		—	\$ 2,250	\$ 900	\$ 300
Parte No. 2		\$ 250	\$ 1,700	—	\$ 750
Parte No. 3		2,130	—	\$ 100	—
Parte No. 4		\$ 500	\$ 2,500	\$ 250	—
Parte No. 5		—	\$ 4,000	\$ 2,000	\$ 500

PLANEACION DE REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA DIRECTA.

16

La Compañía "OMEGA" fabrica cuatro diferentes productos A,B,C,D, de los cuales el inventario establecido al 31 de Diciembre de 1980 fué el siguiente:

A: 56,752 Unidades - B: 49,193 Unidades - C: 15,005 Unidades - D: 1,003 Un.

Por otra parte, el departamento de ventas ha emitido un pronóstico para el año de 1981 (unidades mensuales) que nos es mostrado en la siguiente tabla:

	A	B	C	D (000'S)
ENERO	27.5	26.0	7.5	0.50
FEBRERO	28.0	28.0	8.5	0.50
MARZO	25.0	25.3	7.2	0.45
ABRIL	32.0	31.6	9.1	0.56
MAYO	32.3	31.6	9.0	0.56
JUNIO	33.0	32.9	9.6	0.70
JULIO	32.0	33.0	11.0	0.60
AGOSTO	30.7	30.0	8.6	0.60
SEPTIEMBRE	29.6	30.0	8.3	0.60
OCTUBRE	27.0	29.0	8.3	0.70
NOVIEMBRE	32.0	29.6	8.3	0.70
DICIEMBRE	25.0	24.0	7.0	0.70
TOTALES	354.1	351.0	102.4	7.07

A su vez el departamento de producción tiene establecido que los estándares de tiempo para la fabricación de cada producto son los siguientes:

TIEMPO ESTANDAR ( HORAS )				
A	B	C	D	
0.6744	0.3006	0.3349	2.7386	

Sin embargo se ha determinado por política de la compañía que los inventarios al final del mes de Diciembre de 1981 deben ser los siguientes:

DÍAS DE PRODUCCION .				
A	B	C	D	
40	30	35	33	

Como datos adicionales, se tiene estándares que durante el año de 1981 se tendrán disponibles 282 días, que el índice de ausentismo fijado es del 5% para la M.O.D., que el tiempo disponible en horas-hombre por turno es de 7.45 horas y que la compañía ha fijado una meta de eficiencia del 85%. Basándose en la información arriba mencionada, vamos a determinar:

- 1.- ¿Cuántas piezas deben fabricarse de cada producto?
- 2.- ¿Cuál será la mano de obra necesaria para poder cumplir con los compromisos de producción?

NOTA: Recuerde que: Inventario Final = Inventario Inicial + Producción - Ventas.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

**ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION**

**PROBLEMAS RELATIVOS A LOS SISTEMAS DE  
PRODUCCION**

**PROF. M. EN A. JUAN JOSE DIMATTEO C.  
27, 28, 29 DE OCTUBRE, 1983**

DISPOSICION DE EQUIPOS

Una buena disposición de equipos es un factor importantísimo en la gestión económica de una empresa. No debe subestimarse la importancia de una adecuada planeación de esta función pues el recorrido de los materiales puede considerarse como la espina dorsal de los procesos productivos y, por lo tanto, debe ponerse atención para evitar que, debido a la dinámica industrial, los equipos se conviertan en un conjunto desordenado de hombres y máquinas que no se consiga la eficiencia esperada de un sistema industrial racionalmente organizado.

Existen 2 tipos de problemas según se trate de planear la disposición de una fábrica nueva o de mejorar la disposición existente. El segundo, tradicionalmente se presenta debido a que las disposiciones no van cambiando de acuerdo a un plan sino que se van agregando máquinas en donde se encuentra espacio.

Al cabo de un tiempo de esta "sin política", se llega a una disposición, por supuesto no óptima, que agrega mucho tiempo al contenido original del trabajo.

De acuerdo con la información estadística proporcionada por varias empresas, se demuestra que, frecuentemente, el costo de los movimientos es del orden del 50% del costo total de fábrica y llega en algunos casos a ser del 80%.

... 11

201

Antes de seguir con el tema conviene aclarar que esta verdadera función dentro de la Ingeniería Industrial recibe varias denominaciones en el uso diario, generalmente sinónimas entre sí. Entre ellas podemos mencionar :

- 1.- Disposición de equipos.
- 2.- Plant Lay Out
- 3.- Lay Out
- 4.- Distribución de la Planta.
- 5.- Planeación de talleres, Etc.

Como en toda actividad humana, deben definirse de entrada los objetivos de la función :

- 1.- Facilitar el proceso de manufactura
- 2.- Minimizar los movimientos de materiales.
- 3.- Mantener una flexibilidad adecuada.

Al hablar de flexibilidad queremos indicar que nuestra disposición debe ser tal, que no nos ahogue ante cualquier variación que tengamos en nuestro plan de producción. Por lo tanto, existen un tipo de flexibilidad o saber.

- A. En la cantidad ( Por expansiones o aumentos de volumen )
- B. Calidad ( Por cambios de diseño o productos fabricados )
- 4.- Asegurar una alta rotación de materiales en proceso.

Ello traerá como consecuencia una disminución de los inventarios, lo que significa menores activos y, por lo tanto, mayor rentabilidad de la inversión.

5.- Minimizar la inversión en equipos

6.- Utilización más racional posible del espacio disponible

Al mencionar estos hoy que tener presente que hablamos del espacio en tres dimensiones.

7.- Utilización más eficiente de la mano de obra.

No olvidemos que los elementos de la producción son tres: Mano de obra, equipos y materiales. Tendremos una idea de la importancia del tema que estamos tratando si vemos que los tres intervienen dentro de los objetivos.

8.- Asegurar la eficiencia, seguridad y comodidad de los asistentes de Trabajo.

Este punto ha dado origen a una nueva ciencia denominada ERGONOMÍA (vocablo derivado de dos palabras griegas que significan "Las costumbres y leyes del trabajo"). En la bibliografía se mencionan varios textos para las personas interesadas en profundizar este tema.

Si bien a través de los objetivos puede visualizarse el campo que abarca el tema, conviene especificarlo un poco más. Es evidente que es tarea conjunta de varios departamentos de Ingeniería y de la Dirección. Llegó a la Dirección pues determinará la capacidad económica de la planta para cumplir con el plan de ventas.

En cuanto al área de producción, el Lay Out orienta el flujo de los materiales y gobierna los gastos de mano de obra, combustible, equipos de mantenimiento de



materiales, depreciaciones, Etc. En el caso de organizaciones grandes puede decirse que el planeamiento de las disposiciones coordina las funciones de — Ventas, Finanzas, Producción, Ingeniería y Dirección para lograr la rentabilidad deseada.

#### TAREAS EN EL PLANEAMIENTO DE DISPOSICIONES.

Evidentemente, el tamaño y las actividades del departamento de Layout, varía mucho con el tipo y tamaño de organización. Si se trata de una empresa pequeña que no tiene un Ingeniero Industrial, la responsabilidad debe asignarse al departamento de Ingeniería o al Encargado de Producción.

No obstante lo dicho al principio, como referencia, pueden indicarse las siguientes tareas que se producen aproximadamente en el orden citado.

- 1.- Obtención de datos básicos: (Análisis de Programas y Volúmenes de producción, frecuencia de cambios de diseño, submontajes, — montaje final, estándares de producción, Etc.)
- 2.- Planear el recorrido de los materiales y la forma en que se les moverá.
- 3.- Planear Centros de Trabajo (Ayudándose con las técnicas del Estudio de Métodos y la Medida del Trabajo). Definimos como Centro de Trabajo el espacio total para realizar una tarea y para su objeto lo debe considerarse la superficie para llevar a cabo la tarea más el espacio para el desenvolvimiento del operario más espacios para

... "

acceso y salida de materiales más espacio para mantenimiento y -  
varios.

- 4.- Requisitos de inventarios (volúmenes de almacenaje y áreas requere-  
ridas).
- 5.- Planes Servicios Auxiliares (Aire comprimido, calderas, energía,  
agua, Etc.)
- 6.- En base a los datos anteriores, elaborar un plan maestro de Lay-Out.
- 7.- Someter el plan del punto anterior a la consideración y aprobación  
de la Gerencia y de los interesados (producción, almacén, ingenie-  
ría, Etc.)
- 8.- Colaborar activamente en la instalación de las disposiciones propo-  
nidas.
- 9.- Prover los controles necesarios para verificar que una vez que se  
puso en marcha la disposición, los trabajos se realizan de acuerdo  
con los planes.

#### NECESIDAD DE UNA NUEVA DISPOSICION.

En el problema de ineficiencia de las disposiciones existentes, hay cie-  
tos indicadores de la situación que no se detectan directamente en la contabili-  
dad de la empresa, pero que deben ser fácilmente detectados por el Departamen-  
to de Ingeniería Industrial. Entre los más comunes podemos mencionar:

... "

1.- Departamento de Recepción

- A. Congestión de materiales.
- B. Problemas administrativos en el departamento.
- C. Demoras en los pedidos proveedores.
- D. Excesivos movimientos con la mano o de termopistas.
- E. Necesidad de horas extra.

2.- ALMACENES.

- A. Demoras en los despachos.
- B. Daños a materiales almacenados.
- C. Areas Congestionadas.
- D. Pérdidas de materiales.
- E. Control de inventarios insuficientes.
- F. Elevada cantidad de personal (No olvidar que es indirecto).
- G. Piezas obsoletas en inventarios.
- H. Falta de materiales o piezas solicitadas por producción, y / o mantenimiento.

3.- DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN.

- A. Frecuentes redistribuciones parciales de los equipos.
- B. Operarios calificados que mueven materiales.
- C. Materiales en el piso.
- D. Quejas de capacitacion por falta de espacio.

- E. Congestión en pasillos. 000 7
- F. Disposición inadecuada del Centro de Trabajo.
- G. Llevar el material a mano al área de trabajo.
- H. Tiempos de movimiento de materiales grandes con respecto al tiempo de procesamiento.
- I. Máquinas paradas en espera del material a procesar.
- J. Frecuentes interrupciones en la producción por fallas de algunas máquinas.

#### 4.- EXPEDICION.

- A. Mala comunicación con el departamento de producción. (Defecto bastante común).
- B. Demoras en las despachas.
- C. Roturas o Pérdidas de materiales, Etc.

#### 5.- AMBIENTE.

- A. Condiciones inadecuadas de iluminación, ventilación, ruido, limpieza, Etc.
- B. Muchas accidentes.
- C. Alta rotación del personal.

#### 6.- GENERALES.

- A. Programa de producción desorganizado.
- B. Poco interés del personal.
- C. Muchas gastos indirectos.

PRINCIPALES TIPOS DE DISPOSICIONES.

Principalmente existen tres formas para disponer las máquinas :

- 1.- Por posición fija.
- 2.- Por proceso.
- 3.- Por producto o disposición en línea.

En el Lay-Out por posición fija el componente principal permanece fijo y los elementos de la producción, esto es mano de obra, materiales y equipo - concurren a él. Como ejemplos de este tipo de disposición podemos mencionar la fabricación de barcos, grandes turbogeneradores, locomotoras, Etc.

En el Lay-Out por proceso todas las operaciones del mismo proceso se agrupan en un área. Por ejemplo todas las operaciones de torneado o de soldadura, se hacen en un departamento donde únicamente se hace ese tipo de operación (torneados o soldaduras).

El Lay-Out por producto o en línea, es aquel en el cual un producto se produce en un área. Si el producto es normalizado y fabricado en grandes cantidades es, evidentemente, el más conveniente. Es el utilizado para la fabricación de automóviles, artículos y empresas manufactureras similares, que se caracterizan por la producción en masa.

La mayoría de las fábricas, han adoptado un sistema híbrido.

A continuación enumeraremos las principales ventajas de ambos métodos.

1.- Ventajas en Proceso ( 9

- A. Menores inversiones en máquinas debido a la menor duplicación de las mismas.
- B. Mayor flexibilidad. Se asignan los trabajos de acuerdo a las disponibilidades.
- C. Los supervisores y capataces se hacen especialistas en su área, lo cual reduce en una mejor calidad. Los operarios son mecánicos más que obreros.
- D. Los costos de producción, dentro de series pequeñas, se mantienen bajas.
- E. La falla de algún equipo no para todas las actividades siguientes pues el trabajo puede pasar a otra máquina sin alterarse mayormente la programación.

2.- Ventajas por Producto.

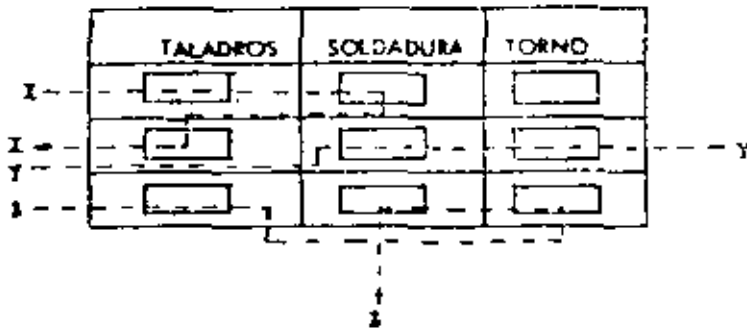
- A. El recorrido del trabajo se hace mediante rutas mecánicamente directas que disminuyen el tiempo y los demoras en la producción.
- B. Menos movimiento de materiales en virtud de las menores distancias entre puestos de trabajo.
- C. Mejor coordinación de la producción debido a la secuencia lógica y ordenada.
- D. Menores cantidades de materiales en proceso.

- E. Menor espacio ocupado por unidad de producción debido a la concentración de la fabricación.
- F. Control de producción simplificado. Menores registros e inspecciones. Pocas órdenes de trabajo. Costos administrativos más bajos.

Veamos un ejemplo gráfico para ilustrar claramente la diferencia entre los dos sistemas :

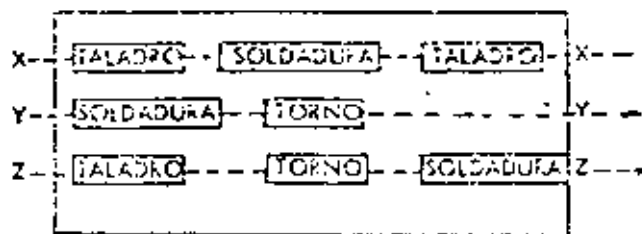
PIEZA	Operación 1	Operación 2	Operación 3
X	Taladro	Soldadura	Taladro
Y	Soldadura	Torno	
Z	Taladro	Torneado	Soldadura

DISPOSICION POR PROCESO.

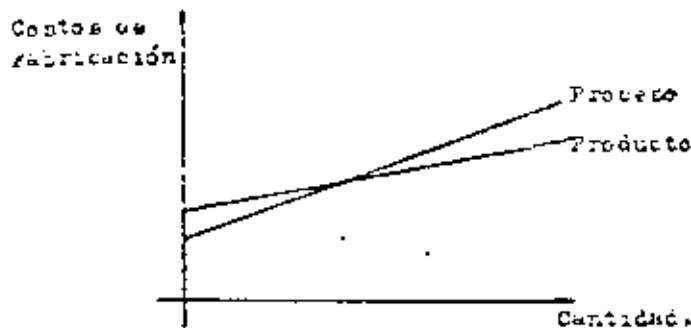


11

DISPOSICION POR PRODUCTO



En cuanto a los costos de fabricación, la representación gráfica es la siguiente:



Como norma general se tenderá a utilizar, siempre que sea posible, una disposición por producto o en línea. Existen tres requisitos que deben cumplirse para que sea ventajosa:

1.- CANTIDAD ECONOMICAMENTE JUSTIFICABLE.

Las series de producción deben ser grandes para compensar los mayores gastos iniciales.

2.- POSIBILIDAD DE BALANCEAR LA LINEA.

Si la operación 1 lleva el doble de tiempo que la operación # 2, - el equipo, el operario y demás factores asociados a la operación -



2, estarán desocupadas la mitad del tiempo, lo cual resultará — muy costoso. Sin querer entrar en la resolución de este tipo de problema, diremos que se resuelve a través de técnicas de Investigación de Operaciones y en casos complejos, mediante el uso de computadoras. Para atacar el problema se necesita como mínimo información sobre :

- A. VOLUMENES DE PRODUCCION
- B. LISTA DE OPERACIONES, SU SECUENCIA Y PORCENTAJE ESTANDAR DE DEFECTUOSOS.
- C. TIEMPOS REQUERIDOS POR CADA OPERACION

Se suele hablar de dos modelos diferentes según se trate del balanceo de una línea de ensamble o del balanceo de una línea de fabricación, si bien en la práctica muchas veces es difícil distinguir entre una y otra.

En el trabajo diario muchos encargados de producción resuelven el problema comenzando por el final de la línea y de acuerdo con los datos mencionados en A, B y C, van progresando en el balanceo hacia el principio de la línea.

Consideremos un ejemplo. Se trata de balancear una línea de producción para obtener 10,000 Kgs. diarios de hilo de algodón. El proceso es :

... "

-- [Limpieza del algodón] -- [Carros] -- [Máquinas] -- [Carros] -- [13.00] --

Sabiendo que el final debe ser de 10,000 kg/día y con la producción de cada hiladora (supongamos 100 kg/día), determinamos que necesitamos 100 máquinas. Conociendo a través del Departamento de Ingeniería Industrial que un operario puede atender, por ejemplo 13 máquinas, determinamos que necesitamos 7.6 operarios. Lógicamente tomamos 8 y al que está con menor carga de trabajo se le asignan algunas tareas extras como son limpiezas, lubricaciones, movimientos de materiales, Etc.

Tomamos entonces a torcido añade con el porcentaje estándar de defectuosos de hiladoras (5%), determinamos que deben salir 10,500 kg/día. Repitiendo el razonamiento, se determina cuántas y operarios necesarios.

De esta manera se avanza hacia el principio de la línea hasta completar el balanceo.

Ha de hacer notar que el ejemplo se sacó de la realidad industrial, buscando un caso que es un híbrido de disposición de equipos, pues estos se encuentran en una disposición por proceso alineado.

### 3. CONTINUIDAD DE LA PRODUCCION.

La fluidez de la producción en línea supone que cada operación continúa funcionando individualmente, ya que si el movimiento de materiales se detiene en cualquier operación, en la línea no se producirá nada a partir de ese punto. Esto es importante de considerar ya que dificultades menores que pudieran causar una parada de la producción, provocarían dificultades mayores al final.-

### ANÁLISIS PRODUCTOS-VOLUMEN DE PRODUCCIÓN.

Cuando vimos actividades en el Planeamiento dijimos que todo Lay-Out comienza con el análisis de los productos y los volúmenes de producción.

En casi todas las industrias hay una relación desproporcionada entre la variedad de productos fabricados y sus ventas. Es decir que por ejemplo el 20% de la variedad de los productos fabricados representan el 80% de las ventas.

Esta desproporción es bien conocida por analistas de mercado y tiene en el caso de control de producción una gran importancia en especial en Control de Inventarios y por ello se han desarrollado técnicas como la Regla 20/80, el Método ABC, Etc., que tienen en cuenta las relaciones volumen-variedad. Para el encargo del Lay-Out este análisis tiene también un significado específico ya que constituye la base para decidir el tipo de Lay-Out que se instalará, es decir, si se basará en una línea, en una distribución por proceso o en un sistema mixto.

Generalmente este análisis consiste en:

1. Dividir o agrupar los diferentes productos, partes o materiales.
2. Clasificarlos en orden de volumen decreciente no acumulativo.

A fin de visualizar estos datos se usa una gráfica denominada P - C.

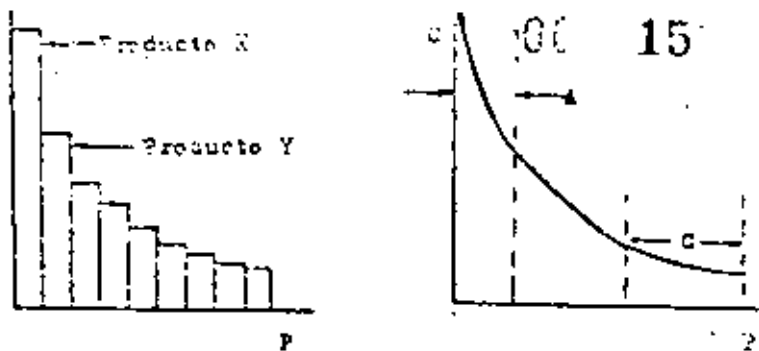


Gráfico P - C típico.

El gráfico P-C típico se aproxima a una hipérbola asintótica hacia los ejes. En general las cantidades no se expresan en dinero sino en volumen, piezas, peso, etc.

El gráfico P-C muestra una relación fundamental en el Lay-Out a planearse. En el extremo izquierdo grandes cantidades de pocos artículos. Ella nos está recomendando métodos de producción en masa como son las disposiciones por producto. En el otro extremo, grandes cantidades de artículos que se fabrican en volúmenes pequeños.

Ella nos indica como más adecuada, métodos de disposiciones por proceso. Además, la parte izquierda nos recomienda usar equipos de movimiento de materiales automáticos y especializados, mientras que para los productos de la derecha tendrían que ser más flexibles y universales.

Como consecuencia de esto, tenemos que la producción puede dividirse en dos tipos principales y resulta más conveniente realizar dos disposiciones de equipo, que un Lay-Out general.

En cuanto a los productos comprendidos en la zona media se deberá hacer un híbrido como ser una línea de producción modificada.

En consecuencia, el análisis Producto-Cantidad lleve a la separación de los departamentos de producción en 2 tipos.

- 1.- Productos de alta producción y poca variedad.
- 2.- Productos de baja producción y gran variedad.

En el análisis y trazado de la curva P-C se sobreentiende que estamos hablando de productos o procesos que no son enteramente desiguales. Es decir, que no haremos un estudio de este tipo mezclando televisores y zapatos por ejemplo.

Algunas industrias, entre las que podemos citar la automotriz, han logrado gran diversidad de productos no obstante sus métodos de producción normalizados. Los cambios consisten en color, accesorios, vestiduras, ornamentos, marcos, Etc. No debemos olvidar que el automóvil según los psicólogos, es una continuación de nuestra personalidad. Recordamos sin mayor esfuerzo que decimos "Los frenos me andan mal", "Se me rompió el espejo". Siendo así, es evidente que todos deseamos un coche que no sea exactamente igual al resto. En consecuencia lo que hacen las empresas de automóviles es cambiar algo, que si bien no afecta el valor económico de la cosa, si cambia el valor de estima y no afectan la disposición de la planta.

En el gráfico P-C esto significa mover artículos desde la zona C a la zona

no A, con lo que los incrementos resultantes en cantidades, justifican no sólo una producción en línea sino también una extensa automatización.

Al planear las disposiciones sobre la base de la curva P-C deben considerarse dos factores:

- 1.- Cambios que afectan la cantidad.
- 2.- Cambios en los productos que afectan el diseño.

Los cambios en la cantidad pueden proveerse fácilmente mediante una extrapolación de las curvas de venta o producción.

Los cambios de diseño si bien no pueden proveerse a muy largo plazo, debe suponerse que no afectarán mayormente al Lay-Out en un tiempo prudencial.

De todas maneras y por ambas causas, siempre es preferible dejar un margen suficiente para futuras ampliaciones o cambios de diseño que constituye en el fondo una razonable flexibilidad.

=====

Venemos a continuación dos procedimientos para facilitar la ubicación de las máquinas o de los departamentos. Cada caso en particular, indicará cuando puede usarse uno u otro. No debemos olvidar que el Lay-Out es tanto un arte como una ciencia y que la aplicación del sentido común debe estar siempre presente en el analista. Tampoco debemos olvidar los millones de hrs. hombre que se pierden anualmente por disposiciones inadecuadas.

1. DIAGRAMA DE BLOQUES. - Es un procedimiento que se utiliza para las disposiciones por proceso. Por ejemplo consideremos la fabricación de 3 productos :

Producto \ Operación	A	B	C
1	Torno	Fresadora	Torno
2	Fresadora	Pulido	Fresadora
3	Pulido	Torno	Torno
4	Taladro	Pulido	Taladro
5	Fresadora	Fresadora	Fresadora
6	Inspección	Inspección	Inspección

Los tres productos salen del almacén de Materia Prima y luego de la inspección van al almacén de Productos Terminados.

A continuación se asigna un número a cada departamento. En nuestro caso (1) Almacén de Materia Prima, (2) Torno, (3) Fresado (4) Pulido (5) Taladro (6) Inspección (7) Almacén de Producto Terminado.

Se hace a continuación un cuadro que se llama de Secuencia.

000 19

Producto	Secuencia							Volumen en Unidades equivalentes.	
	1	2	3	4	5	6	7		
A	1	2	3	4	5	3	6	7	1
B	1	3	4	2	4	3	6	7	3
C	1	7	3	2	5	3	6	7	2

Luego se construye un cuadro Sumario. Es del tipo

De	Sector			
	2	3	4	
1				
2				
3				
4				300

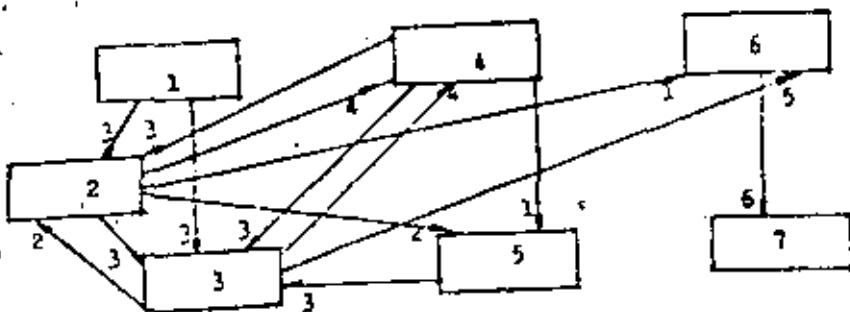
Este indica que del sector 2 al sector 4, deben transportarse 300.

En nuestro caso el cuadro queda :

DE	1	2	3	4	5	6	7
1	XX	-	-	-	-	-	-
2	3	XX	2	3	-	-	-
3	3	3	XX	3	3	-	-
4	-	3	4	XX	-	-	-
5	-	2	-	1	XX	-	-
6	-	1	5	-	-	XX	-
7	-	-	-	-	-	6	XX

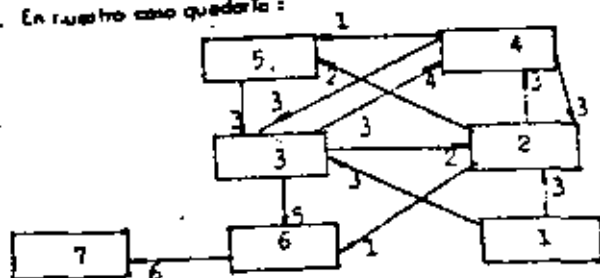


Se pinta un bloque por cada sección que interviene, se los numera al —  
 azar y se indica el tráfico entre secciones.



Se busca entonces, ubicar los bloques tratando de minimizar los movimien-

tos. En nuestro caso quedaría:



El último paso es el verificamiento físico de las cosas. Recordar que el De-  
 partamento 1 y 7 deberán tener fácil comunicación con el exterior.

II. DIAGRAMA PROGRESIVO. Ejemplo de una planta con un solo acceso y -  
 con los siguientes departamentos.

- 1). Almacén de Materia Prima.
- 2). Almacén de Producto Terminado.

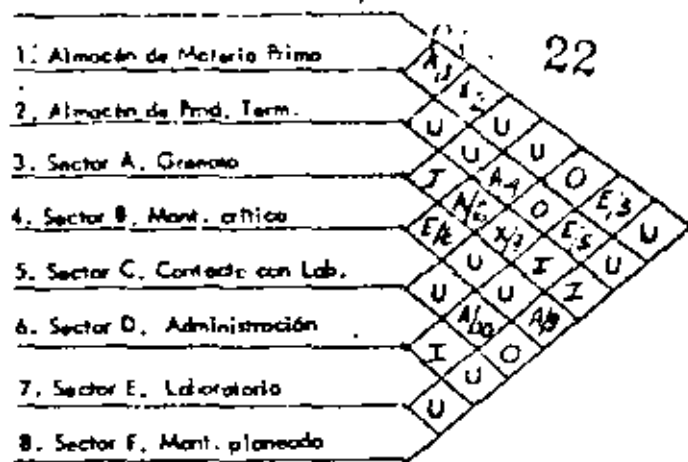
- 3). Sector A. Comercio que afecta la materia prima pero no el pro-  
ducto terminado.
- 4). Sector B. Mantenimiento crítico.
- 5). Sector C. Tiene que estar en continuo contacto con laboratorio.
- 6). Sector D. Administración.
- 7). Sector E. Laboratorio.
- 8). Sector F. Mantenimiento planeado.

El proceso es 1 - 3 - 5 - 2

DEFINIMOS RELACIONES :

- \*A = Absolutamente necesario que estén cerca.
  - \*E = Especialmente importante que estén cerca.
  - I = Importante que estén cerca.
  - O = Importancia ordinaria.
  - V = Sin importancia.
  - \*X = Necesario que estén lejos.
- \* Son relaciones críticas. Se deberá explicar el motivo por el cual se les consi-  
deró así.

A continuación llenamos un cuadro de Relaciones interdepartamentales.

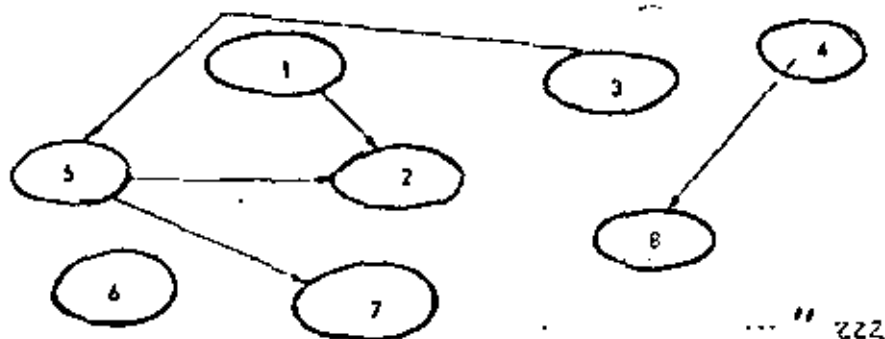


Los números debajo de las relaciones críticas, por ejemplo A/I, se usan para explicar por qué se le consideran así.

En nuestro ejemplo :

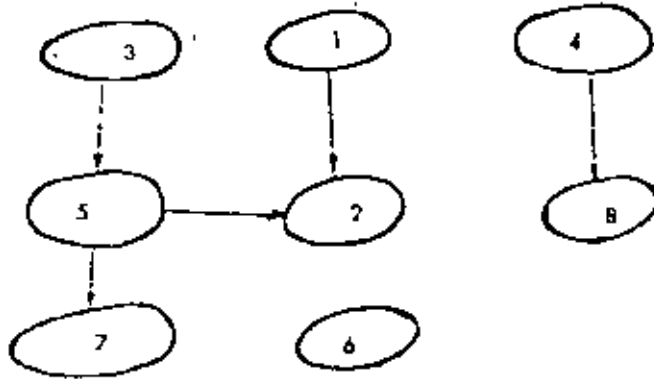
1. Es así debido a que la planta tiene un solo acceso y por lo tanto será -- conveniente que los almacenes estén cerca entre sí y cerca del único -- acceso.

Luego ubicamos círculos al usar (uno representando cada sección) e introducimos las relaciones Tipo A.



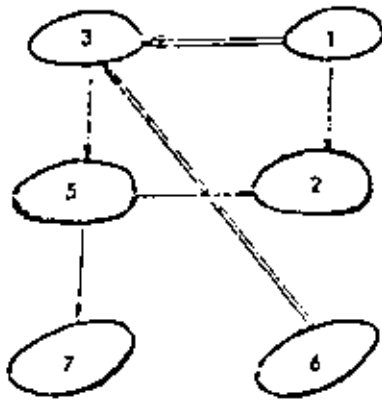
El segundo paso consiste en reordenar según A. (En nuestro caso, como como el 5 y 7 al 5 y al 8 lo mantenemos cerca del 4).

Nos queda:

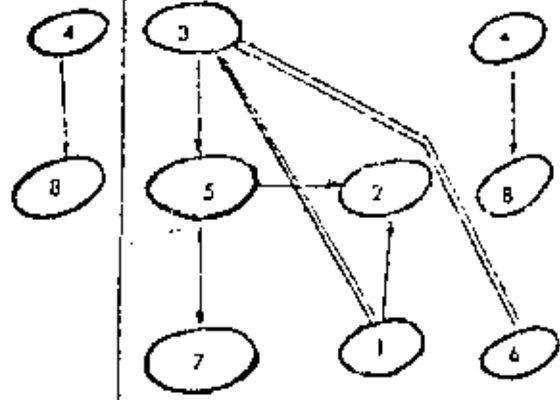


El tercer paso consiste en introducir en la figura anterior las relaciones tipo X (línea doble) y el cuarto paso es reordenar según X. Nos queda:

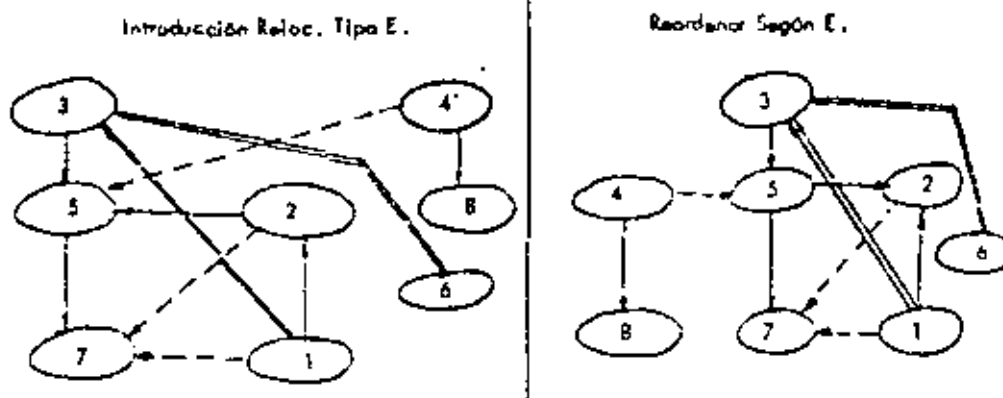
Introducción Relac. Tipo X



Reordenar Según X.



Luego introducimos las relaciones Tipo E y reordenamos según ellas (manteniendo por supuesto las restricciones de las relaciones A y X).



Luego seguimos con las relaciones tipo I y O, que en general no se hacen, pues no permiten mejorar debido a las restricciones ya impuestas.

Posteriormente se ubican geográficamente los sectores, con sus dimensiones reales y de acuerdo con el último diagrama obtenido. Se deberá realizar el recorrido de materia prima para constatar que no haya incongruencias.

Como todo esto es bastante subjetivo, se hace un análisis de las alternativas posibles.

Los factores que se analizan son: Control, Supervisión, Seguridad, Etc. A cada uno de estos factores se les da una calificación de 1 a 4 en función de su importancia. Por ejemplo si el aspecto control es muy importante, le damos un peso de 4. Si la seguridad no es problema, le damos un peso de 1. A su vez, -

utilización, para las diferentes disposiciones, sus temas sencillos, por ejemplo, con la facilidad de control. Si es una disposición de tipo en sus sentidos, le asignamos 4 puntos, 3 puntos si es buena y así decreciendo.

Veamos una tabla de ejemplo :

FACTOR	PESO	DISPOSICIÓN A	DISPOSICIÓN B
Control	4	4 16	3 12
Supervisión	3	2 6	2 6
Seguridad	3	2 6	2 6
SUMA		28	24

De acuerdo con esta tabla, será más conveniente la disposición A.

El proceso para su realización, consiste en multiplicar el peso del factor por la calificación que le asignamos.

AGREGAR METODO CRAFT.

MODELOS DE DISTRIBUCION BI Y TRIDIMENSIONALES.

Son de gran utilidad práctica pero debe entenderse que dichos modelos - deben estar basados en cálculos técnicos perfectamente desarrollados y que, por lo tanto, no son más que una visualización de ellos. Podemos realizar plantillas de máquinas, equipo de movimiento de materiales, personal o materiales.

Los ventajas más importantes son :

- 1.- La gran flexibilidad que presentan y de ahí su ventaja sobre el dibujo común.
- 2.- Facilidad de visualización sobre todo para personas no técnicas - que muchas veces son las que deciden.

Hay estándares sobre su realización hechos por A.S.M.E. (American Society of Mechanical Engineers), en donde se describen colores, escalas más convenientes, tipos de líneas, Etc. Dichas normas pueden consultarse en el libro de Moore, citado en la bibliografía.

En compañías importantes donde hay un Departamento que se dedica a estudiar continuamente las disposiciones, se hacen plantillas de todos los departamentos, máquinas e instalaciones.

Los tableros que contienen las plantillas suelen hacerse modulares a efectos de poder sacar cualquier sección que interese en su momento dado.

Los modelos tridimensionales si bien permiten una mayor visualización, tienen el inconveniente del costo y la fabricación.

#### BIBLIOGRAFIA SOBRE EL TEMA :

- Richard Mather : "Practical Plant Lay Out", Mc. Graw Hill, 1965.  
 Alfred y Bangs : "Manual de la Producción" U.T.E.H.A., México, 1965.  
 Moore James M. : "Plant Design and Lay Out", The Mac Millan Company, 1962.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION

ORGANIZACION DE LA PRODUCCION  
PROBLEMAS

PROF. M. EN A. JUAN JOSE DIMATTEO C.  
27, 28, 29 DE OCTUBRE, 1983



## INGENIERIA

Se ocupa de la planificación de cosas útiles y de los medios adecuados para realizarlas.

Es la ciencia profesional que abarca la concepción y preparación de proyectos, planes e instrucciones para la producción de sistemas funcionales y actividades estructuradas (eficientes).

Se preocupa de la utilización económica de los recursos.

Se caracteriza tanto por sus métodos de enfoque de los problemas que le interesan como por la naturaleza propia de estos.

Es la aplicación metódica del método científico con fines utilitarios.

Acude a elaboradas técnicas de medición y aplica los principios científicos fundamentales y generales, a menudo en su formulación matemática para la solución de sus problemas específicos.

La evolución de las técnicas propias de la Ingeniería, se ha iniciado siempre con procedimientos intuitivos, casales, productos de la inspiración personal y a menudo simplemente accidentales y ha avanzado muy lentamente hacia los procedimientos sistemáticos, matemáticos y formales que ahora conocemos.

## METODO CIENTIFICO:

- 1.- Reconocimiento del problema
- 2.- Desarrollo de una hipótesis
- 3.- Acopio de datos
- 4.- Prueba de hipótesis mediante experimentos
- 5.- Conclusiones sobre la hipótesis

10. La Ingeniería como aplicación práctica de los principios científicos, floreció primero en el área de las construcciones estáticas, canales de riego y en el proyecto de estructuras.

La Ingeniería moderna comenzó después del renacimiento.

Aunque las principales ramas físicas de la Ingeniería terminaron por establecerse firmemente como tales en el transcurso del siglo XIX, solo al final de este, comenzó a surgir por primera vez como disciplina distinta, una rama que incluía al hombre como un elemento dentro de los sistemas y como componente de estos.

## SISTEMAS DE ACTIVIDAD HUMANA

- Se originaron con la revolución en la producción de alimentos 6000 a 3000 a. de c.
- Se desarrollaron al surgir las primeras sociedades urbanas 3000 a 2000 A. de C.

La ingeniería de los sistemas de actividad humana se desarrolló tardíamente, porque las organizaciones humanas no necesitaban ser planificadas para establecerse, no pudieron tampoco ser sometidas a las reglas de ingeniería.

Nació como campo especializado en los talleres y en las fábricas, donde adquirió el nombre de Ingeniería Industrial.

### 3. ETAPAS DE LA I. I.

- 1.- I. I. Convencional
- 2.- Desarrollo de investigación de opera ...
- 3.- Ingeniería de información y la computadora
- 4.- Cibernética y teoría de sistemas

FREDERICK WINSLOW TAYLOR (1856 - 1915)

Dedicó su atención al factor humano como a la Mecánica y los materiales en los sistemas de producción.

Aplicó a la manipulación y la utilización de las máquinas por el hombre. El mismo tipo de estudio (eliminación de las operaciones superfluas) que se aplicaba a la eliminación de los elementos superfluos en el proyecto de las máquinas.

Tiene dos trabajos técnica del corte de los metales y desarrollo de técnicas de medición del trabajo.

Inventó el estudio de tiempos y movimientos.

La mejor fue la idea de separar la planificación de la ejecución:

FRANK Y LILLIAN GILBRETH

A la invención de Taylor del estudio cronográfico de tiem  
pos. agregaron el estudio científico del movimiento.

Estudio de micromovimientos

Micrómetro

Ciclógrafo

Cronociclógrafo

Descomposición del trabajo en elementos básicos (therbligs)

ADAM SMITH En 1776

Propuso la división del trabajo con las siguientes ventajas:

- 1.- Más desarrollo de habilidad ó pericia
- 2.- Ahorro de tiempo
- 3.- Invención de máquinas herramientas
- 4.- Separación de actividades de habilidad diferente (Habbage)

FAYOL HENRY

Principios de administración básicos.

HENRY. L. GANTT

- Colaborador de Taylor
- Principios de dirección
- Gráfico para la programación
  
- Principios de dirección
- Administración Científica
- Administración industrial general

## NIVEL DE VIDA

El nivel de vida de un hombre se mide por el grado en que se puede proporcionar a él mismo, a su familia de lo necesario para sustentarse y disfrutar de la existencia.

## NIVEL DE VIDA MINIMO ACEPTABLE:

- Cubrir las siguientes necesidades:

- a) Alimentación
- b) Vestido
- c) Vivienda \*
- d) Higiene \*
- e) Seguridad \*
- f) Educación \*

\* No depende solo del trabajador sino también al gobierno y demás autoridades públicas.

Cuanto mayor sea la producción de bienes y servicios de un país más elevado será el nivel de vida medio de su población.

Existe dos medios para aumentar esta producción:

- Aumentar el número de trabajadores ocupados
- Aumentar la productividad

#### PRODUCTIVIDAD:

Es la relación entre lo producido y lo insumido.

Lo insumido puede ser:

- Tierra
- Materiales
- Instalaciones (maq. y herramientas)
- Servicios del hombre
- Cualquier combinación de las anteriores

El aumento de la producción no necesariamente implica un aumento en la productividad.

Para aumentar la productividad:

- Producir más con igual recursos
- Producir igual con menos recursos
- Producir más con menos recursos

Más productividad ofrece posibilidades de más nivel de vida mediante:

- a) Mayor producción a menor costo
- b) Mayores ingresos reales
- c) Mejoras en las condiciones de vida y de trabajo con inclusión de una menor duración del trabajo.

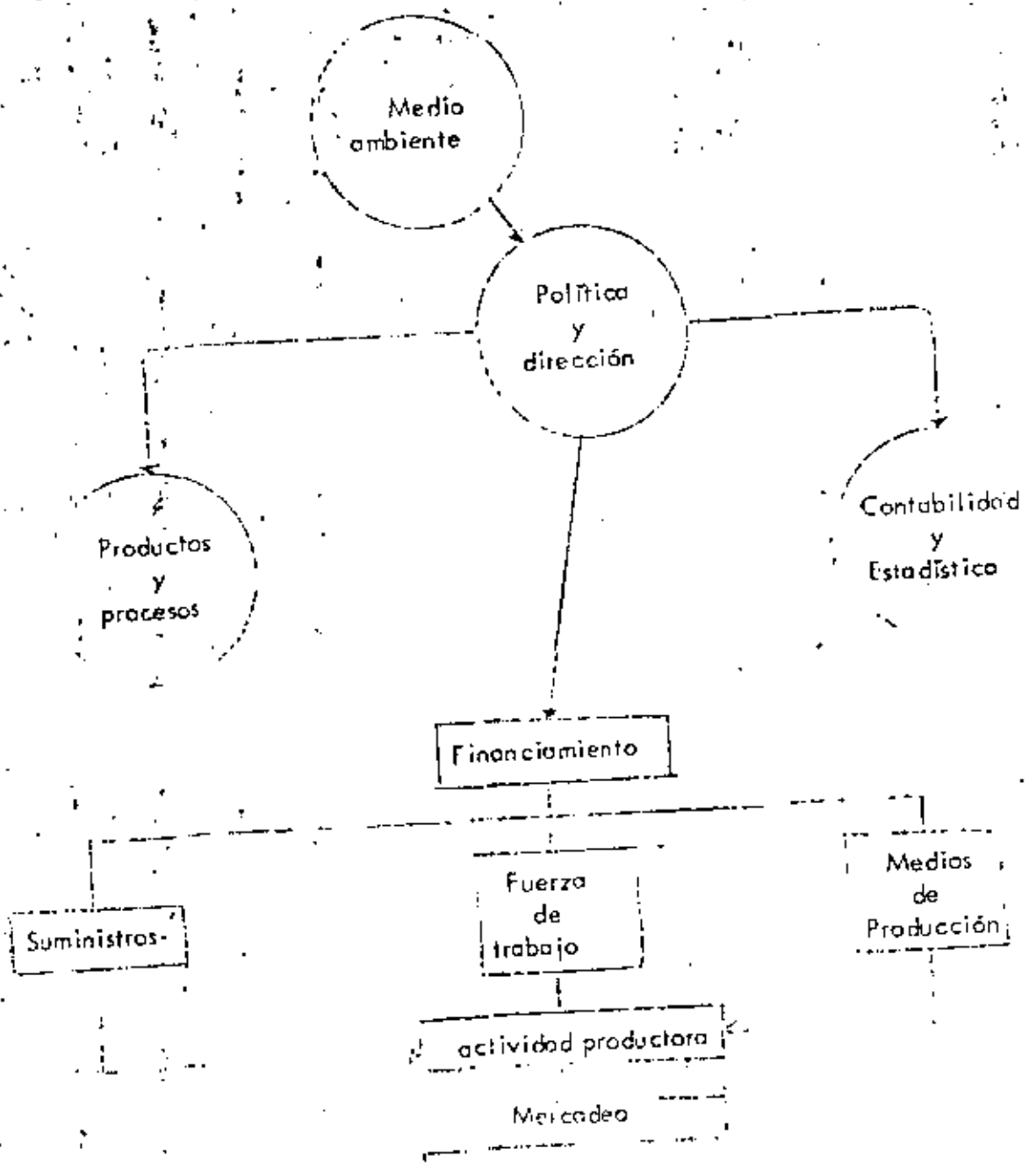
Para elevar la productividad se precisa la acción de todos los sectores de la comunidad, gobierno, empleados y trabajadores.

Gobierno - Creando condiciones favorables

Empleados - (Dirección) - Programas de productividad

Trabajadores (Sindicatos) - Cooperación

Una dificultad para lograr la cooperación de los trabajadores es el temor de que el aumento de la productividad conduzca al desempleo.





1.- Medio Ambiente

Información de las condiciones externas, para orientar

2.- Política y Dirección.

Fijar objetivos razonables y proveerlo de los medios.

3.- Productos y Procesos.

Seleccionar artículos por producir y los procesos adecuados.

4.- Financiamiento.

Proveer de recursos monetarios para efectuar las inversiones y desarrollar las operaciones.

5.- Medios de Producción.

Terrenos edificios maquinaria y equipo para efectuar las operaciones eficientemente.

6.- Fuerza de Trabajo.

Seleccionar, adiestrar y organizar al personal con el fin de que se obtenga la máxima productividad en el desempeño de sus labores.

7.- Suministros.

Corriente continua de materias primas, auxiliares y servicios de calidad y estos convenientes.

8.- Actividad productora.

Organizar y efectuar las operaciones de producción.

9.- Mercadeo.

Flujo continuo del producto al mercado.

10.- Contabilidad y Estadística.

Información actualizada de aspectos económicos.

Objetivo

Describir las causas de una baja productividad y conociéndolas, establecer las bajas para aumentarla.

Análisis factorial = Auditoría de la productividad.

Procedimiento.

La etapa inicial será la compilación de informes para diseñar un plan para la investigación

el plan deberá de

- Idea clara sobre la tarea a realizar
- Objetivos del trabajo.

contener

- Tiempo, Personal y costos requeridos
- (Recursos)

La etapa analítica.

a) Determinación de los factores y funciones que intervienen en la operación.

b) La recopilación de información mínima necesaria sobre los hechos pasados, en el campo de cada factor de operación.

c) Medir la efectividad con el objeto de descubrir áreas donde las mejoras rindan mayores beneficios.

d) Profundizando en tales áreas se podrán obtener descubrimientos preli

minares que induzcan a la adopción de medidas provechosas.

La etapa de conclusiones: Los hallazgos preliminares se deberán de apoyar en estudios más profundos, sobre todo en el campo de los factores limitativos con objeto de llegar a conclusiones finales.

Presentación de resultados que servirán como base para la toma de decisiones.

Procedimiento detallado.

ETAPA I Planear la auditoría de productividad.

- 1.- Definir la materia objeto de la A. de P.
- 2.- Definir el propósito final.
- 3.- Determinar el tiempo disponible.
- 4.- Planear los foses y el volúmen de trabajo.
- 5.- Determinar los medios y la facilidad de obtenerlos.
- 6.- Obtener la autorización.

ETAPA II Analizar el tema objeto de la A. de P y su operación

- 1.- Determinar los factores y su operación.
- 2.- Averiguar las funciones de cada factor.
- 3.- Determinar la información mínima necesaria.
- 4.- Recopilar la información.
- 5.- Verificarla.
- 6.- Asegurarse de que este completa.

ETAPA III : Examinar cada factor de esta forma:

- 1.- ¿En qué grado concuerda la operación de los factores con las funciones asignadas a estos?
- 2.- ¿Que tendencia se registra en cada factor?
- 3.- ¿Que elementos del factor estimula la operación?
- 4.- ¿Que elementos del factor limitan la operación?
- 5.- ¿Que objetivos debieran lograrse?
- 6.- ¿De qué medios se dispone para alcanzar estas?

ETAPA IV : Diagnosticar sobre el total de las operaciones.

- 1.- ¿Cuál es la capacidad óptima de acuerdo con los objetivos de la operación?
- 2.- ¿Cuál es la ejecución total real?
- 3.- ¿Cuáles son los factores limitadores?
- 4.- ¿Qué factores deberán de estudiarse con más detalle?
- 5.- ¿Qué objetivos pueden alcanzarse con los medios disponibles?
- 6.- Analizar los hallazgos encontrados en cooperación de otros especialistas.

ETAPA V <sup>Presencia</sup> Preguntar el diagnóstico

- 1.- Preparar documentos para la discusión.
- 2.- Señalar claramente que hallazgos y diagnósticos están sujetos al juicio de los responsables de la ejecución de las operaciones.
- 3.- Exponer el desarrollo de los hallazgos.
- 4.- Obtener el acuerdo de las diferentes opiniones
- 5.- Estimular las decisiones.
- 6.- No perder de vista que la decisión es prerrogativa de los responsables de la ejecución o dirección.

### El Análisis de la operación

Es el procedimiento que aplica el ingeniero de métodos para analizar todos los elementos productivos y no productivos de una operación, con la idea de mejorarla.

El paso que sigue inmediatamente después de la presentación de los hechos en forma de diagrama de proceso de operaciones o de flujo es el de investigar las estrategias del análisis de la operación. Este es el momento en el que se efectúa el análisis y donde se cristalizan los diferentes componentes del método que se va a proponer.

Generalmente la competencia exige el estudio incesante de un producto dado para mejorar los procesos de fabricación y para que una parte de las ganancias vayan al consumidor en forma de un mejor producto a un precio reducido.

#### Estrategia del análisis de la operación.

Nunca se aceptarán las cosas como definitivas, simplemente porque así se hace ahora o porque así se ha hecho durante años, sino que tratará de incitar problemas, ensayar investigar, y al fin decidirá convencido de que este método podría ser satisfactorio hoy, pero de que no lo será mañana, puesto que siempre hay un método mejor.

Para reducir la resistencia al cambio, se tratará de establecer una atmósfera de participación, comprensión y camaradería. Reconocerá que cada quien tiene sus conocimientos sobre su propio trabajo y solicitará su ayuda para hacer mejoras. Se encargará que permanezcan abiertas todas las posibilidades de comunicación y de que se utilicen, de modo que todo el personal afectado por el posible cambio, esté al tanto de todo; proporcionará información con libertad y discutirá abiertamente los hechos que se relacionen con la investigación, citando así la confianza de todos, en vez de la desconfianza y suspicacia.

### Procedimiento del Análisis de la operación

- 1.- Determinar el volumen probable, la posibilidad de repetición la vida útil del trabajo, la posibilidad de cambios en el diseño, así como el contenido de mano de obra de la operación a fin de determinar cuanto tiempo y esfuerzo debe dedicarse a mejorar el método presente o a planear el trabajo nuevo.
- 2.- Recurrir información completa sobre los hechos de fabricación. Esto abarcará:
  - A) Todas las operaciones
  - B) Instalaciones que se usan para desarrollar las operaciones.
  - C) Tiempos de operación.
  - D) Todos los movimientos o transportes.
  - E) Instalaciones que se usan para los transportes y distancias de los mismos.
  - F) Todas las inspecciones y sus tiempos.
  - G) Todos los almacenes y lugares de ellos.
  - H) Todas las operaciones de proveedores junto con precios.
  - I) Y todas las especificaciones del diseño y planos.
- 3.- Revisar el problema teniendo presente la idea de mejoramiento.

Una de las técnicas más comunes es preparar una hoja de confrontación para hacer preguntas sobre cada actividad que aparece en el diagrama de proceso de flujo.

El analista se pregunta y contesta todo lo de la lista de confrontación para los diversos pasos del diagrama de flujo. Con este procedimiento se encuentran, invariablemente, maneras eficientes de desarrollar el trabajo. Deberá anotarse estos ident inmediatamente para que no se olviden.

### Diez Estrategias elementales del Análisis de la Operación.

- 1.- Finalidad de la operación.

Muchas de las operaciones de fabricación son innecesarias y pueden eliminarse si se estudia con detenimiento el pro

cesoceso en cuestión. Antes de aceptar una operación como absolutamente necesaria se debe de determinar la finalidad de la misma.

## 2.- Diseño de la parte.

Nunca deben de concederse los diseños como algo permanente. Casi no hay diseño que no pueda mejorarse, hay que examinar esta posibilidad.

## 3.- Tolerancias y Especificaciones.

El analista está en posición ideal, por su familiaridad con las operaciones del taller, para interrogar las tolerancias y especificaciones asignadas a un producto. Debe de comprender en todo su alcance el costo adicional en que se incurre cuando se especifican tolerancias muy estrechas, muchas veces se podrán liberalizar las tolerancias y las especificaciones estrechas sin deterioro de la calidad.

## 4.- Material.

En el taller de cada fábrica, los materiales representan un buen porcentaje del costo total de los productos que se fabrican. Por consiguiente la selección y uso apropiado de los materiales es importante. No solo desde el punto de vista de darle al cliente un producto más satisfactorio, sino también porque, seleccionado un material cuyo proceso sea más económico se producirá a costo más bajo.

## 5.- Proceso de fabricación.

Muchos suelen ser los métodos para producir una parte. Continuamente se proyectan nuevos y mejores métodos de producción. Por medio de la duda sistemática y de la investigación de los procesos de fabricación, el analista puede llegar a encontrar un método más eficaz. Siempre con la idea de mejorar, hay que dudar de que tal o cual proceso de fabricación sea el mejor.

6.- La preparación y el herramental.

La cantidad de herramental que debe de usarse en un trabajo se determina principalmente, por el número de partes que se han de producir. Solo se justifican los herramentales elementales, en trabajos de escasa actividad. En trabajos de gran actividad se justifican el uso de herramentales especiales debido a que el costo de la misma se prorratea entre gran cantidad de unidades. El tiempo que se dedica al análisis de la preparación del trabajo y del herramental dará por resultado una mejor producción, así como productos mejorados a un costo mínimo.

7.- Condiciones de trabajo.

Continuamente se mejoran las condiciones en que se trabaja tratando de que las plantas sean limpias salubres y seguras.

Las condiciones en las que se trabaja se reflejan en la salud, la productividad y la calidad del trabajo e igualmente en la moral del trabajador. Cuanto mejor el sitio en que se trabaja mejor serán los productos y más baratos.

8.- Manejo de materiales

Se debe de estar alerta para eliminar cualquier deficiencia en el manejo de los materiales.

9.- Distribución de la Planta y Equipo.

Pueden encontrarse posibilidades de mejoramiento en la distribución de una planta y su equipo revisandola sistemáticamente. Deberán de organizarse las estaciones de trabajo y las máquinas, que permitan un procesado más eficiente del producto con el mínimo de manipulación. No hacen un cambio de Distribución hasta hacer un estudio de todos y cada uno de los detalles. El analista debe de aprender a reconocer las distribuciones malas.



10.- Principios de Economía de Movimiento.

No es preciso que el analista haya un análisis cuadro por cuadro característico del procedimiento de micromovimientos para analizar una estación de trabajo. Desde el punto de vista de la aplicación de los principios de Economía de movimientos.

Será capaz de producir muchas mejoras con solo observar atentamente al operador, mientras ejecuta su tarea en el sitio de trabajo y luego sujeta cada parte del ciclo de trabajo del operador a los diferentes principios de economía de movimientos.

LA GERENCIA DE MATERIALES

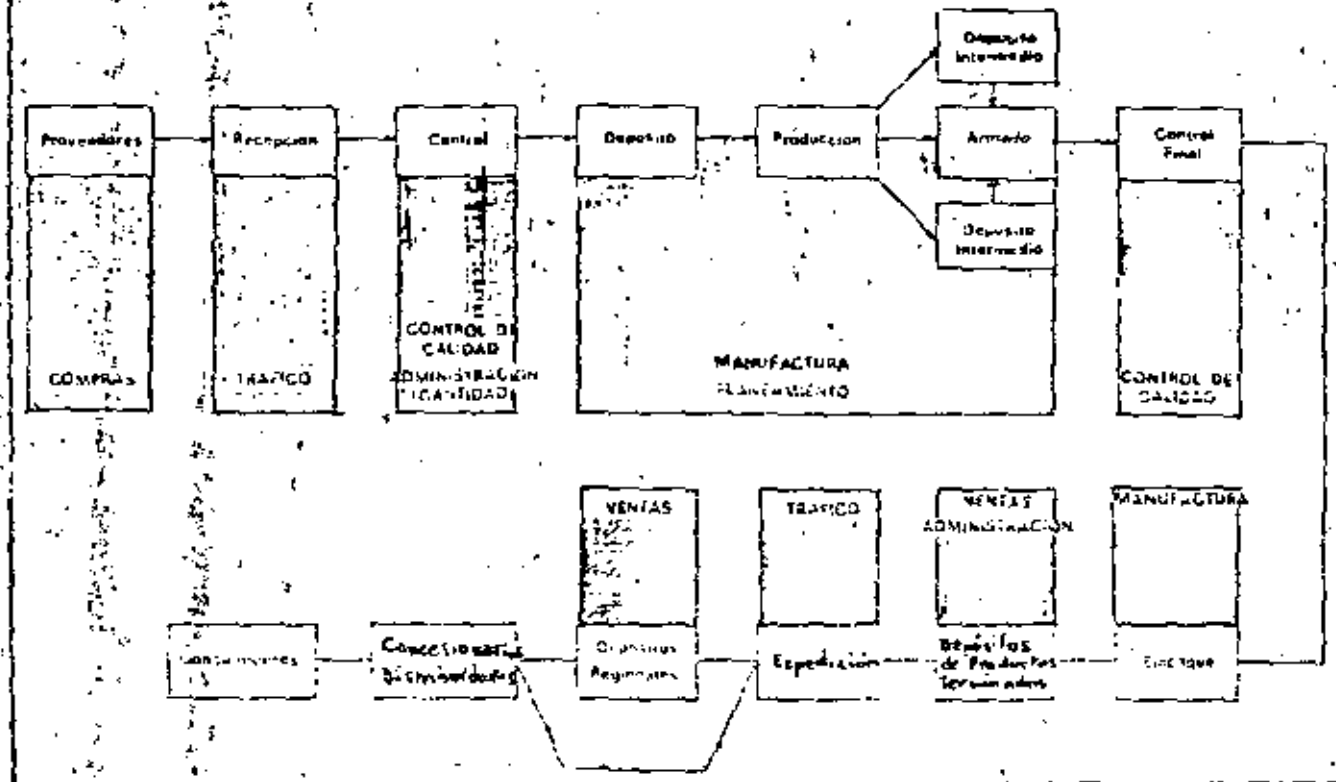
Controlar existencias y movimientos de materiales con miras a su eficiencia global, ha sido de particular interés en las grandes compañías y requirió jerarquía científica, con la introducción de la Investigación de Operaciones y el Procesamiento Electrónico de datos. Con relación a esas actividades, una interesante innovación se ha registrado en los últimos años. Se trata de la Gerencia de Materiales, una nueva función básica, cuyo objetivo es incrementar la rentabilidad de los capitales invertidos en materia prima, artículos en proceso y productos terminados.

Tradicionalmente la administración de materiales es confiada en forma fragmentada a diferentes áreas de la empresa que separadamente los controlan en cantidad y calidad, organizan sus movimientos y almacenajes, etc.

La Gerencia de Materiales, en cambio, centraliza las subfunciones y personas que planean, programan, compran y controlan materiales desde la provisión de materia prima hasta su distribución física, bajo la autoridad y responsabilidad de un ejecutivo que actúa al mismo nivel que los gerentes de producción, compras, ventas, etc.

Ejemplo. Si se considera el desplazamiento de los materiales y las responsabilidades pertinentes en una empresa integrada de producción y distribución, tendríamos un esquema como el siguiente:

### DESPLAZAMIENTO DE MATERIALES EN UNA EMPRESA DE PRODUCCION Y DISTRIBUCION



Se observa que la responsabilidad sobre los materiales y sus costos asociados, está dividida en varios departamentos, sin la suficiente coordinación sobre la rentabilidad total. Dado la diversidad de funciones, sub-funciones y departamentos de la empresa que pueden tomar decisiones, que afectan el movimiento de materiales, es necesario CONCENTRAR la responsabilidad y autoridad bajo un gerente único que pueda planear, ejecutar y controlar las operaciones en su totalidad, independientemente de los intereses particulares de áreas específicas.

ASPECTOS ECONOMICOS. Dado el peso decisivo que sobre los costos del producto terminado y el costo de inventarios, tienen los materiales, se considera actual

mente que el capital inmovilizado en ellos, debe ser objeto de un análisis científico.

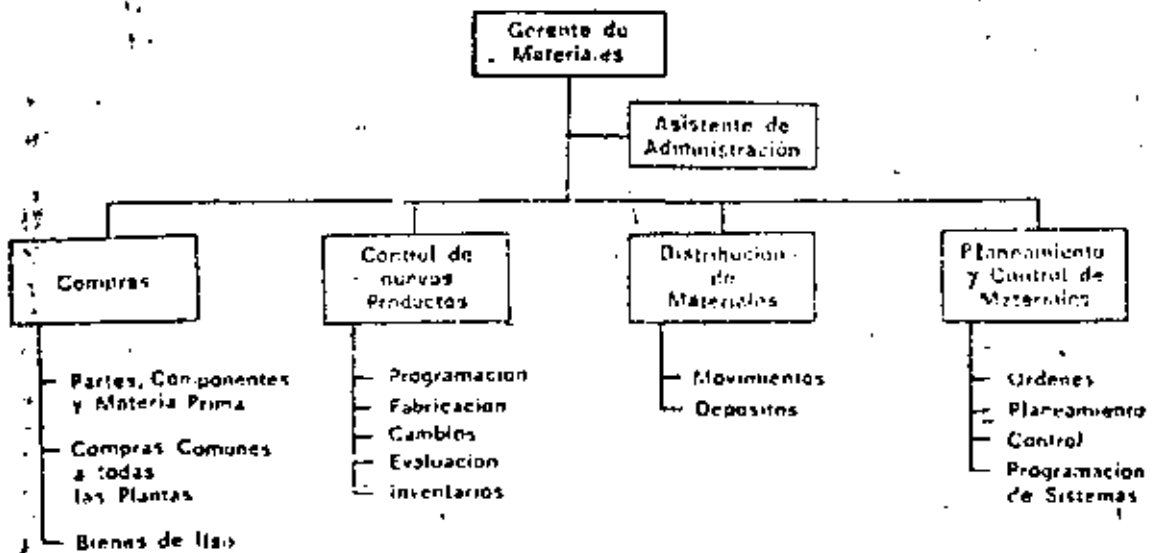
El control de inventarios, consiste en mantener los lotes óptimos que resulten de la aplicación de la Investigación de Operaciones, estableciendo los límites económicos para órdenes de compra, transporte producción y depósitos.

Una de las primeras empresas que concretó la idea de la Gerencia de Materiales fué la GODDYEAR TIRE AND RUBBER CO. que hizo una descripción de 5 puntos principales para la función:

- 1.- Asumir plena responsabilidad por toda la inversión en materiales a fin de satisfacer a ventas sin ser dominado por él.
- 2.- Coordinar con producción los lotes económicos que impidan inventarios inaceptables.
- 3.- Implementar las directivas financieras con respecto a los inventarios.
- 4.- Preparar pronósticos a corto plazo para control de Producción e Inventarios.
- 5.- Considerar todos los factores estacionales y de obsolescencia referentes a los productos de la Empresa.

Posteriormente la IBM hizo una exposición más detallada de la función. Su organigrama toma la siguiente forma:

### LA GERENCIA DE MATERIALES EN LA DATA SYSTEM DE IBM



La oficina de movimientos cubre desde la recepción hasta la expedición y distribución geográfica.

Publican una serie de resultados con este organigrama:

- 1.- Rotación de materiales en proceso: Aumento 55% del 60/62
- 2.- Demoras en despacho de máquinas: NINGUNA.
- 3.- Órdenes de compra procesadas por día/hombre: Aumento 16%
- 4.- Se completaron las notas técnicas en compras.

CC 22

Otras empresas como CHAMPION, ALLIS CHALMERS, PCA, muestran cifras cuyo promedio es:

Reducción de Inventarios: 40%

Productividad por Hombre: Aumento 28%

Rotación de Inversiones: Aumento 50%

TECNICAS UTILIZADAS: Aparte del cambio que se produce en la organización, la Gerencia de Materiales no implica ninguna novedad ya que, su dinámica participa de la aplicación de técnicas conocidas y que han sido gradualmente convalidadas con la experiencia y la práctica industrial.

Dado que el campo es muy amplio, muchas son las técnicas de eficiencia y organización que pueden aplicarse.

Dentro de ellas mencionaremos:

organización que pueden aplicarse.

Dentro de ellas mencionaremos:

1°. Para Inventarios

Regla 20/80, ABC, Lote Económico.

Lo que entra primero, sale primero.

Lo que entra primero, sale último, etc.

2°. Costos de movimientos y almacenaje

Estudios de tiempos y métodos

Muestreos.

Programación Lineal.

3°. Análisis y Comunicaciones.

Estadística, inv. de Operaciones.

(Colas, etc.) - Análisis Marginal.

Computación, etc.

CRITERIOS EUROPEOS.

Algunas empresas han aceptado la idea de la Gerencia de materiales, aunque no todas aceptan sus consecuencias estructurales. En general, se ha tratado de desarrollar y centralizar funcionalmente los aspectos tecnológicos relati

vos al movimiento y almacenaje de materiales, más que a promover una integración económica financiera del control de los materiales. El criterio general en Europa parte de una definición de objetivos un poco diversa a la norteamericana; se considera como meta de la gerencia de materiales la reducción de costos en la recepción, almacenaje y movimiento de materiales durante el proceso y expedición. Se excluyen en casi todos los casos las actividades de compras y programación.

#### INICIACION DE UN PROGRAMA

Dado que una reestructuración con vista a la administración integral de los materiales exige una redistribución de funciones y personas, no puede iniciarse fácilmente desde niveles inferiores de la organización. En las empresas que lo han experimentado en los últimos años, la nueva función ha debido contar con el apoyo firme de la dirección y fueron gradualmente afectando a los gerentes.

Un punto clave del nuevo esquema es la selección del ejecutivo máximo que ha de dirigirlo. De acuerdo a la experiencia, no hay una especialidad que habilite más que las otras. Hay en la actualidad gerentes de materiales que anteriormente se desempeñaban en compras, ingeniería, administración, etc.

No obstante, y dado el nivel en que actuará, es evidente que la perso-



na seleccionada además de ser un ejecutivo capaz, con relevantes condiciones de organización, deberá poseer experiencia o haber recibido instrucción en los siguientes campos:

- 1.- Movimientos de materiales.
- 2.- Programación y control de la producción.
- 3.- Compras y control de inventarios.
- 4.- Control de calidad.
- 5.- Conocimientos básicos de Ingeniería Industrial  
y Procesamiento Electrónico de Datos.

Posibilidades en México. Si bien cada caso en particular indicará en qué medida las empresas puedan asimilar las experiencias extranjeras, podemos afirmar que, en general, una estructura tal como la tratada puede brindar a las empresas mexicanas considerables ventajas. Es de hacer notar, que el sólo hecho de dibujar un organigrama no basta y que los beneficios económicos financieros han de ser consecuencia de la aplicación inteligente de las técnicas de administración.

Se observa sobre todo en fábricas medianas y chicas que este tema se halla muy descuidado. La causa más frecuente es la falta de análisis por desconocimiento de las técnicas y la idea intuida de que toda racionalización exige grandes inversiones.

En las empresas grandes que cuentan con una sólida infraestructura económica y humana, el cambio de estructura hacia la gerencia de materiales debe repetir las experiencias de las empresas norteamericanas con profundi-

dades de obtener importantes beneficios.

### Observaciones finales sobre la Administración de Materiales

- 1.- Como en otras áreas de la Ingeniería Industrial, hay un poco de confusión en la terminología con que se designa esta función.

Aparte de los ya mencionados Gerencia de Materiales y Administración de Materiales, se usan en México otros términos como Aprovisionamientos, Suministros, Logística.

Los dos primeros son fácilmente interpretables.

El término Logística proviene de las fuerzas armadas.

En este campo se usa para mencionar todas las cosas que apoyan a las personas que directamente luchan (armas, comidas, ropas, transportes, tiendas de campaña, etc). Para ejemplificar podemos mencionar dos ejemplos famosos: Se dice que el desembarco de las tropas aliadas en Normandía durante la segunda guerra mundial fue un éxito total de logística.

Napoleón fracasó en su campaña a Rusia por un problema de Logística que hizo que miles de franceses murieran congelados por la nieve o por el hambre.

### 2.- Proceso de Desarrollo de la Administración de Materiales.

Por supuesto que el desarrollo de la Administración de Materiales, no es

igual en todas las empresas. No obstante, parece ser que, en general, se desarrollan las siguientes etapas:

Etapa 1.- Todas las actividades de Administración de Materiales se llevan adelante por ejecutivos cuya principal actividad es otra y no son muy concientes de ello.

Etapa 2.- Se toma conciencia de las actividades más importantes de la Administración de Materiales, pero éstas son desarrolladas por varias personas sin estar centralizadas.

Etapa 3.- Todas las actividades de compras y cosas afines, son agrupadas bajo órdenes de un sólo ejecutivo que gradualmente comienza a funcionar como Gerente de Materiales.

Etapa 4.- La Administración de los materiales se convierte en una verdadera actividad, considerada ésta como que agrega valor al producto (valor agregado). La Gerencia de Materiales da asesoría especializada a producción y mercalotecnia en sus problemas de distribución física.

### 3.- Metas de la Administración de Materiales

Todo Departamento de Administración de Materiales tiene por lo menos 10 objetivos:

1.- Obtener precios de compra de materiales lo más bajos posibles.

- 2.- Lograr una alta rotación de inventarios.
- 3.- Menores costos de almacenamiento. Si los materiales son movidos y almacenados eficientemente, el costo real disminuye.
- 4.- Provisión Continua. Es evidente que la interrupción en la provisión de materiales genera costos de ineficiencia que, de otra manera, podrían evitarse.
- 5.- Consistencia en la calidad. La Administración de Materiales debe ser responsable únicamente por la calidad de los materiales y servicios provistos desde afuera de la compañía. El departamento de producción es responsable por la calidad de los procesos de manufactura.
- 6.- Menores costos de mano de obra. Esto es común a todos los departamentos de la compañía. Pero el problema debe verse en una correcta perspectiva. A veces, conviene pagar un peso más si ello me permite ahorrar \$1.01 en otra área.
- 7.- Buenas relaciones con proveedores. Debe tenerse el concepto que los proveedores pueden contribuir a que una empresa tenga éxito.
- 8.- Desarrollo del personal. Esto también es común. No debe olvidarse que las utilidades futuras de la empresa dependerán del talento de sus ejecutivos.
- 9.- Buenos archivos. Ello ayuda a la Administración de Materiales a desarrollar mejor su trabajo. Los compradores de la empresa gastan el dinero de la misma y ello es una gran tentación para caer en la corrupción. Buenos archivos junto con bien planeados controles administrativos y auditorías periódicas, pueden desalentar a la corrupción.

10.- Estandarización. Cuanto menor sea la variedad de artículos controlar, más simple y eficiente será el proceso de Administración de Ma-  
teriales. Por lo tanto, debe promoverse la estandarización y simpli-  
ficación de las especificaciones. Ingeniería del Producto es la fun-  
ción responsable de esto, pero la Gerencia de Abastecimientos puede  
hacer contribuciones importantes. Por ejemplo, a través de revisio-  
nes periódicas de los inventarios para detectar artículos no estanda-  
rizados.

#### B I B L I O G R A F I A

- 1.- "Manejo de Materiales." Irceer, J.R. - Ed. Hispano-Europea. 1972.
- 2.- "Manual de Ingeniería Industrial." Maynard, H.B. - Mc. Graw Hill.
- 3.- "Material Handling Systems Design." - Apple, J.H. - Ronald, 1972.
- 4.- "Materials Management." Anmer, D.G. - Irwin, 1974.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION

CONTROL DE CALIDAD

PROF. M. EN A. JUAN JOSE DINATTEO C.  
27,28,29 DE OCTUBRE, 1983

# Inspección y Control de Calidad

La inspección se practica para descubrir si los productos que están siendo hechos se conforman a determinadas normas o especificaciones. Implica la revisión periódica y medición antes, durante y después del proceso de producción. Sin embargo, la inspección es parte de un concepto más amplio: el control de calidad. El objetivo del control de calidad es asegurar a la administración y a los consumidores que determinados productos están hechos, fabricados y vendidos para cubrir ciertas necesidades. Debido a esto, el control de calidad efectivo requiere la integración de la información para propósitos de planeación y control, a partir de los departamentos de mercadotecnia, ingeniería y producción.

## Propósitos de la inspección y del control de calidad

Existen muchas razones para que las compañías cuenten con programas de inspección y de control de calidad. Una de las principales razones es la de mantener ciertas normas en la producción de artículos. En las compañías que usan líneas de montaje y técnicas de producción en masa, es esencial tener partes uniformes que se adapten a normas específicas. Por ejemplo, en una planta de automóviles, éstos se mueven por las líneas de montaje con las partes siendo alimentadas a la línea de montaje en la secuencia apropiada. Obviamente, un sistema de producción así, sólo puede operar si todas las partes se ajustan en forma correcta. Si los ventanillos no se ajustan a los marcos de las mismas, si los volantes de la dirección no se ajustan a las columnas y si los agujeros de partes que deben ir unidas no ajustan de manera que puedan unirse mediante pernos, no sería posible la producción en masa de los automóviles.

Otra razón para revisar la producción y controlar la calidad es cumplir con las especificaciones del cliente. Si un cliente pide un producto para ventanillo de un medio de línea y se le proporcionan todos de medio medio, puede esperarse que no quede satisfecho. Puede cancelar el producto y cambiar el pedido. Puede exigir que los constructores

sean desechados y se produzcan unos nuevos según su pedido normal. En otros casos, puede aceptar el producto defectuoso y emitir una publicidad adversa de palabra para destruir la reputación del negocio. Aun cuando un error de medición de 15 cm parecería algo que nadie podría hacer, suele ser igual de malo, en muchos negocios, estar 1/1 000 plg fuera de la medida, o hacer una composición química incorrecta en términos de partes por millón. En resumen, si el fabricante acepta pedidos con determinadas especificaciones, está obligado a cumplirlas. Su seguro descansa en un buen programa de inspección y de control de calidad.

En ciertos casos, el productor debe proporcionar algún artículo dentro de ciertos límites legales. Los restaurantes deben mantener determinadas condiciones sanitarias. Los hospitales deben mantener programas de inspección para cumplir con las exigencias legales, en cuanto a salubridad, manejo de drogas y en cuanto a muchas otras actividades y condiciones. Estos ejemplos representan servicios proporcionados por organizaciones. Los ejemplos de empresas que producen artículos que deben ajustarse a normas legales son panaderías, lecherías, fábricas de dulces, laboratorios que producen drogas y muchas otras. En la mayoría de estos casos, la compañía hace sus propias inspecciones y también son inspeccionadas por agencias de los gobiernos locales, estatales y federales. El incumplimiento de las normas legales puede significar la clausura de la planta, de manera que la inspección y el control de calidad efectivos es un requisito para una operación continuada.

Otra razón para la inspección y el control de calidad es encontrar productos defectuosos que puedan volverse a elaborar. Si se encuentran lo bastante pronto defectos en los productos en el proceso de producción, suele ser posible corregirlos o volverlos a hacer, salvando así a la inversión ya comprometida en los productos parcialmente terminados. Aun cuando es de esperarse cierto desperdicio en la mayoría de las compañías, los programas efectivos de inspección y de control de calidad tienden a mantener en un mínimo la cantidad de desperdicios.

En algunos casos, se puede usar la inspección y el control de calidad para encontrar problemas en el proceso de producción. Si se encuentra que muchos artículos rebasan la medida, puede deberse a que la máquina está desajustada, a que el trabajador no está observando cuidadosamente el proceso, que las herramientas que se usan están melladas o desahueadas, o que la materia prima es defectuosa. Por lo general se observan señales de problemas de este tipo cuando se usan programas de inspección en conjunción con el control de calidad.

Las compañías en las industrias textil, maderera, de productos alimenticios y varias otras, usan la inspección para graduar sus pro-

ductos. En textiles, las firmas que producen líneas de primera de alta calidad, también venden "segundas", que contienen defectos leves, a menor costo. En los productos alimenticios, los grados pueden ser A, B y C o, en otros casos, 1, 2 y 3 o, todavía en otros, "paquetes de lujo" o "paquetes estándar". En la industria de la carne, existen varios grados con nombres especiales: "selecta", "buena", "de servicio" y "cortes para embutar" son ejemplos. Para determinar estos grados, los inspectores deben examinar el producto terminado cuando sale del proceso de producción.

Una razón final del porqué se usan en la industria la inspección y el control de calidad, es para proporcionar información relativa a la efectividad de trabajadores individuales en departamentos individuales. Parte de la información usada para juzgar a un empleado en particular es la calidad de su trabajo. Sin la inspección, se dispondría de poca información para formar tal juicio. La misma clase de información es deseada por la administración para criticar a los departamentos. A los supervisores de los departamentos se los hace responsables de la calidad de los artículos producidos, de la cantidad de productos vuelven a trabajar y de la cantidad de desperdicio. Tal información se puede derivar de los programas de inspección.

## El concepto de la calidad

El concepto de calidad es variable. Para ciertas personas, la alta calidad equivale a un costo elevado. Aun cuando existe cierta relación entre el precio y la calidad, no es una medida efectiva desde el punto de vista de la administración. "Caveat emptor" y "usted recibe lo que paga" podrían ser guías adecuadas para la mayoría de los clientes, pero es obvio que son insuficientes para el desarrollo de un programa efectivo del control de la calidad.

Desde el principio debemos distinguir a la calidad como una función de materiales, procesos y diseños técnicos, y calidad como una función del desempeño de los empleados. Para explorar estos dos conceptos de la calidad, usaremos como marco de referencia los automóviles clásicos del periodo 1925-1940 de la historia automovilística.

En aquella época se construía cierto número de automóviles que en la actualidad son considerados como clásicos por el Classic Car Club of America. Esta designación refleja un bello diseño, altas normas de ingeniería y mano de obra superior. En unos cuantos años de crítica la calidad, este grupo ha compilado una lista de los automóviles considerados clásicos y los considerados no clásicos en el periodo 1925-1940. Algunos ejemplos son:



**Clásicos**

**No Clásicos**

Auburn	Isotta Fraschini	Buick	Maxwell
Bentley	Lincoln	Chevrolet	Nash
Bugatti	Mercedes Benz	DeSoto	Oldsmobile
Cadillac	Merced	Dodge	Overland
Cord	Pierce Arrow	Essex	Plymouth
Duesenberg	Rolls Royce	Ford	Pontiac
Franklin	Ruxton	Graham	Terraplane
Hispano Suiza	Stutz	Hudson	Whippet

Si se estudian las historias de estos vehículos, a las compañías que los produjeron y a los individuos clave que estuvieron tras su desarrollo, las distinciones entre calidad en materiales, procesos y diseño, en contraste con la calidad en términos de artesanía, resulta evidente. Un vehículo bien diseñado puede estar muy mal construido —sienta un bochorno el resultado de la artesanía. Por otra parte, un vehículo mal diseñado no puede ser efectivo ni aun con la mejor artesanía.

Los clásicos tales como el Bugatti, Duesenberg, Bentley y Rolls Royce, combinan alta calidad en las áreas de la ingeniería, diseño, materiales, procesos y artesanía. Las rígidas especificaciones creadas para estos autos, aunadas con las elaboradas inspecciones y pruebas, aseguraban tales resultados. Todavía otros autos, construidos con especificaciones menos rígidas también pueden considerarse de alta calidad. De ello son ejemplos el Ford, el Chevrolet y el Dodge. Dentro de las especificaciones establecidas para su diseño y fabricación, tales autos se producían en forma más económica que los clásicos y alcanzaron un amplio mercado. El control de calidad respecto a autos como éstos estaba dirigida a ver que la artesanía, procesos y materiales se ajustaran a ciertas normas. Aun cuando estas normas no eran especialmente elevadas, esto tenía poca importancia en términos del control de calidad. El control de calidad efectivo con los autos no clásicos radicaba en las especificaciones relativamente flexibles, en tanto que el efectivo control de calidad con los autos clásicos se comparaba contra normas relativamente rígidas. El punto es que el control de calidad está relacionado con las normas y especificaciones para el producto, materiales, procesos y mano de obra.

**Cuándo inspeccionar**

Hay varias ocasiones en el proceso de producción en donde debe efectuarse la inspección. La primera vez es cuando son recibidas las materias primas. Deben inspeccionarse las materias primas para ver si se ajustan a los requisitos necesarios en términos de calidad y cantidad. Con frecuencia se usa el muestreo de aceptación para este

uso de inspección y se tratará con detalle en un capítulo posterior. Además de la cantidad y la calidad, es importante revisar las materias primas de entrada para determinar si fueron dañadas por el embarque. Deben presentarse reclamaciones para rebajas con el portador o el proveedor inmediatamente después que se reciban los materiales.

La segunda vez en que debe hacerse la inspección es cuando las materias primas entran al proceso de producción. En muchos casos, es adecuada la inspección que hace el operador de la máquina. El operador debe hacer la revisión para ver que la materia prima sea de la calidad apropiada, que no esté deteriorada o que no se haya dañado durante su permanencia en el inventario de materias primas. No hay caso de principiar la producción de un producto con materiales defectuosos. El costo agregado de la producción y de otros materiales puede ser depositado posteriormente en la pila de desechos o de trabajos por rehacer.

Otra inspección se refiere a los procesos costosos. Si un producto va a entrar en un proceso costoso, debe ser inspeccionado para cerciorarse de que no esté defectuoso antes de agregarle el alto costo de un proceso costoso.

La inspección debe practicarse antes de procesos irreversibles. Un ejemplo de ello es el plateado. Este proceso es costoso, y una vez que se ha hecho, es difícil quitar el plateado del producto. Si una compañía produce artículos de plata y el diseño básico, cuchillos, tenedores y cucharas, tiene algún defecto, no hay razón para seguir adelante con el recubierto. Otro ejemplo comprende la mezcla de ingredientes. En la elaboración de helados, se mezclan varios ingredientes. Estos incluyen leche, crema, azúcar, emulsificante, estabilizante, sabor y color. Una vez que están mezclados estos ingredientes es imposible separarlos. En consecuencia, es esencial la inspección de los ingredientes para ver si están en buenas condiciones y en la proporción adecuada antes que sean combinados.

Otra ocasión en la cual debe practicarse una inspección es antes que el proceso de producción pueda culmar más defectos. Se ha dicho que la pintura es la que oculta más pecados, y en especial esto es cierto en la producción. Es difícil descubrir defectos superficiales bajo una gruesa capa de pintura. En otros procesos en donde el montaje oculta a las partes internas, es importante revisar éstas antes que queden ocultas a la vista y, por lo tanto, no se pueda descubrir nada en ellas durante la inspección final.

Debe practicarse una inspección al final del proceso de producción. En las plantas automovilísticas, los autos se arrancan y se prueban al final de la línea de montaje.

En resumen, la inspección debe practicarse en las siguientes etapas:

1. Cuando se reciban las materias primas.
2. Cuando las materias primas entren al proceso de producción.
3. Antes de los procesos costosos.
4. Antes de procesos irreversibles.
5. Antes de procesos que puedan cubrir defectos.
6. Cuando los productos terminados salen del proceso de producción.

De la anterior discusión, puede parecer que se sugieren muchas inspecciones. ¿Es verdad que entre más inspecciones practica una compañía mejores serán los resultados? La respuesta a esta pregunta es no. Es esencial que se practique una inspección al principio del proceso y al final del mismo, pero no tiene sentido hacer inspecciones en todos los puntos posibles. Existen para ello dos principales razones. Primera, la inspección es costosa; mientras más se practique, mayor será su precio. Segunda, a muchos trabajadores no les agrada trabajar en un ambiente en donde un inspector está observando constantemente por sobre sus hombros.

### Qué tanto inspeccionar

El grado de las inspecciones que se hagan puede variar desde una inspección del 100% de todos los productos a la inspección de sólo unos cuantos productos que representen una muestra del número total de artículos producidos. La inspección del ciento por ciento, por lo general se practica en donde son muchas las probabilidades de variación en la calidad. Muchas operaciones de producción manual caen en esta categoría, puesto que los errores humanos son prevalentes. Otra situación en la cual se usa el ciento por ciento de la inspección es cuando son altos los riesgos de una calidad inaceptable. En la industria aeroespacial, por ejemplo, las partes de los misiles y éstos ya terminados son inspeccionados al detalle y en total. En ocasiones distintas personas inspeccionan las mismas características. La razón por supuesto, es que el mal funcionamiento de cualquiera de las partes por lo general dará como resultado el que el misil deje de operar con efectividad. Como los misiles son en extremo costosos y las consecuencias de un fracaso son muy grandes, no se tolera menos de una inspección del 100%. Otro caso en el que se emplea el 100% de inspección es en la inspección final de algunos tipos de productos antes que sean despachados a los clientes. Todos los motores eléctricos y todos los automóviles se prueban para ver que trabajen como productos terminados. Ningún cliente desea un motor eléctrico que no funcione o un automóvil que no opere adecuadamente.

Por lo general, la inspección de muestras de los productos se emplea cuando se usa la producción mecánica en vez de la producción manual en el proceso de producción. Las razones de que se pueda confiar en las muestras para indicar el nivel de la calidad en estos casos es que los artículos producidos vienen de procesos de producción estables, exentos de errores humanos y con alta uniformidad.

La inspección de muestras de los productos también es común cuando están implicadas pruebas destructivas. Si el proceso de inspección requiere que sean destruidas las muestras, es obvio que sólo algunos de los productos sean inspeccionados. La inspección de todos significaría tener que destruir a todos ellos. Por ejemplo, los fusibles eléctricos están sujetos a pruebas destructivas. Se hace pasar por el fusible una sobrecarga eléctrica para ver si se quema. Si así sucede, entonces el producto funciona y representa la calidad adecuada. Sin embargo, el fusible es destruido en el proceso de inspección y ya no tiene más valor. Otra situación en la cual se hace la inspección por muestras es cuando se inspeccionan grandes cantidades de artículos en volumen. Los ejemplos incluyen productos tales como carnos de trébol, maíz y frutas entregadas a las enlatadoras, carros completos de granos o tanques de productos líquidos. La inspección de muestras por lo general proporciona una buena indicación del nivel de calidad del embarque total y sería demasiado costoso y llevaría mucho tiempo inspeccionar todos los artículos.

En algunas compañías la inspección de muestras puede ser cambiada a inspección del 100%. Esto suele ocurrir cuando los productos elaborados por máquinas y que normalmente son inspeccionados en lotes, principian a mostrar señales consistentes de una calidad. Cuando esto sucede, los inspectores suelen recurrir a la inspección del 100% hasta que se corrige el proceso mecánico y las características del producto vuelvan nuevamente a un nivel aceptable. En ese punto, se abandonará la inspección del 100% y se volverá a la inspección por muestras.

La mayoría de las compañías utilizan tanto la inspección del 100% en algunas áreas como la inspección de muestras en otras. Como ejemplo, considérese la industria cervecera. En tanto se elabora un lote de cerveza, ésta se muestrea y se prueba. Sólo una pequeña porción del líquido se sujeta a pruebas, ya que representa con bastante precisión las condiciones de la totalidad del lote. Por otra parte, cuando se embotella la cerveza terminada, las botellas llenas pasan por la estación de inspección, en donde los inspectores examinan al 100% de las botellas llenas para determinar si están llenadas correctamente, corchadas y etiquetadas, y para asegurarse que no contienen grumos, fisuras o materiales extraños. En la industria cervecera, por supuesto, no sería factible la inspección del 100% del sabor, ya que sería muy difícil para el inspector mantener un alto nivel de conciencia, vigilancia y objetividad.

OC 04

### Dónde inspeccionar

La inspección de los productos y procesos puede tener lugar en toda la planta, lo que se llama *inspección de planta*, y/o puede tener lugar en laboratorios centralizados. La inspección de planta se practica en los lugares en donde se llevan a cabo las actividades de producción. Gran parte de ella la hacen los mismos trabajadores, quienes inspeccionan visualmente los artículos que están produciendo, y quienes suelen usar varios dispositivos para la inspección, como medidores y calibradores para comprobarlos. Inspectores ambulantes también hacen tales revisiones de la producción del trabajador. Además pueden revisar el ajuste de las máquinas antes que los operarios inicien la producción. Otra de sus funciones es revisar la producción de las máquinas automáticas y semiautomáticas para comprobar que estén funcionando correctamente.

La inspección de planta tiene varias ventajas. Cuando se producen artículos pesados o voluminosos (por ejemplo, aviones), es imposible moverlos a los laboratorios. La flexibilidad de los inspectores ambulantes soluciona este problema. Otra ventaja es que pueden descubrirse defectos donde y cuando el trabajo está en marcha y pueden hacerse correcciones en el sitio. Esto reduce la posibilidad de la producción en grandes cantidades de productos subestándar. Finalmente, la inspección de planta ahorra tiempo y reduce las demoras causadas por mover los productos a los laboratorios centrales y desde ellos, en donde con frecuencia tienen que esperar para ser inspeccionados.

Por otra parte, la inspección de laboratorio tiene algunas ventajas sobre la inspección de planta. Pueden emplearse inspectores con menos experiencia y pueden hacer una supervisión más estrecha. Los laboratorios también proporcionan condiciones en las que puede usarse equipo de prueba delicado y especializado. Con frecuencia, la inspección de laboratorio permite la especialización de parte de los inspectores, lo que no podría lograrse si sólo se hiciera la inspección de planta. Las desventajas de la inspección de laboratorio incluyen el tiempo requerido para mover los productos al laboratorio y desde éste, y las demoras creadas por las órdenes pendientes de los artículos que esperan ser inspeccionados. Además, la inspección de laboratorio es por lo general *ex post facto*. Esto es, los productos enviados al laboratorio por lo general son tomados como muestras de los artículos ya producidos. Si se encuentran defectos, ya es demasiado tarde para corregir el proceso, y las mismas defectos existirán en la totalidad de los productos de donde se tomaron las muestras. En este caso, la acción correctiva equivale a tapar el pozo después que se ha ahogado el niño.

En algunas compañías se usa tanto la inspección de planta como la inspección de laboratorio. Las características físicas del producto

se inspeccionan en la planta de producción. Esto incluye forma, dimensiones y peso. Las características técnicas del producto se inspeccionan en los laboratorios, en donde las muestras de tales productos son sujetas a análisis químicos, análisis en rayos X, análisis de esfuerzos, pruebas de destrucción, etc.

En las industrias de proceso continuo y en las operaciones de línea de montaje, se emplea un tipo especial de inspección de planta. En vez de inspectores ambulantes se crean estaciones de inspección en el proceso o en la línea de montaje. Los inspectores y los dispositivos con que ellas cuentan no se mueven de la línea de montaje o del proceso, sino que sirven funciones especializadas en las estaciones particulares.

### La retroalimentación y el proceso de inspección

El proceso de inspección implica la aplicación básica del concepto de retroalimentación. Este concepto se trató en el Cap. 10, sobre las computadoras y la automatización. El circuito de retroalimentación contiene los elementos que se muestran en la Fig. 15-1.

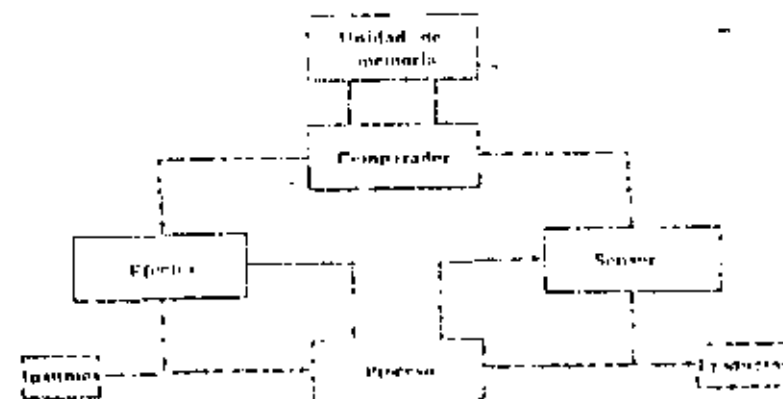


Fig. 15-1. El circuito de retroalimentación

El concepto de retroalimentación comprende los cinco componentes que siguen:

**Proceso:** La actividad productiva que tiene que ser controlada.

**Sensor:** Dispositivo que mide ciertas características del proceso y del artículo que se produce.

**Comparador:** Dispositivo que sirve para comparar la información expedida por el sensor respecto a la norma, especificación, o características deseadas del proceso y artículo que se produce.

**Unidad de memoria.** Dispositivo para retener información relativa a la especificación de la norma, o características deseadas del proceso y artículo que se produce.

**Elector:** Dispositivo que actúa ciertos componentes del equipo de producción involucrado en el proceso.

Para lograr una inspección y un control de calidad efectivos, el primer paso es determinar las normas, especificaciones, o características deseadas del proceso y artículo que se produce. Esta información está contenida en las bibliografías técnicas, especificaciones del cliente y procedimientos estándar de producción. Una vez que se obtiene esta información, debe almacenarse en una unidad de memoria que sea fácilmente accesible.

A continuación, deben determinarse el control pertinente de las fuentes de información. ¿Cuáles son las características del producto que deben ser inspeccionadas? Por lo general no es necesario inspeccionar todas las características, sino que se deben seleccionar a sólo unas cuantas.

Luego deben seleccionarse los dispositivos que se usen para detectar las características del proceso y del producto. En algunos casos esto puede implicar los sentidos humanos del tacto, vista, oído, gusto y olfato. Además de los sentidos humanos, suele ser necesario seleccionar determinados dispositivos de medición, tales como micrómetros, termómetros, barómetros, calibradores, plantillas, etc.

Finalmente, deben determinarse los métodos para efectuar cambios en los insumos y/o en el proceso. Estos pueden incluir el cambio de las características de los insumos de materia prima, el ajuste del equipo, reposición de herramientas o instrucciones al trabajador para que cambie la forma en que está haciendo el trabajo.

En algunas operaciones de inspección, el inspector comprueba todos los componentes necesarios del circuito de retroalimentación. Tiene la facultad de sentir las características del proceso o del producto (sensor), la facultad de comparar (comparador) estas características a estándares que sepa que son aceptables (unidad de memoria) y la habilidad para instruir al trabajador o para cambiar el proceso (efector), para que los productos futuros se conformen a los estándares.

En otros casos, el inspector puede estar ayudado por dispositivos de inspección que lo ayudan a sentir las características, gráficos que midan estas características en relación con los estándares, y dispositivos para efectuar cambios en los insumos y/o en el proceso.

En algunos casos, especialmente en las industrias de proceso continuo, el proceso de inspección es automático y no requiere inspectores humanos. Por ejemplo, en la industria del acero se inspecciona el espesor de la lámina de acero a medida que está siendo laminada pasando radiación a través de ella. El nivel de radiación es captado automáticamente y comparado con el estándar. Si el acero es demasiado

grueso, un efector cierra automáticamente los rodillos en un grado tal que se corrija el proceso y reduzca al estándar el espesor de la lámina de acero. Como subproducto de este proceso de inspección automático, se produce automáticamente una gráfica de control para mostrar a los humanos lo que ha acontecido.

## Variabes y atributos en la inspección

En la industria se practican dos tipos de inspección. La inspección de las variables implica la comprobación de las medidas de las partes de los productos. Durante el curso del día, se tomarán varias muestras y se determinarán las dimensiones, peso y otras mediciones críticas. Al final, estas mediciones se usarán en conjunción con las gráficas para el control de calidad para controlar la medida promedio y variabilidad de las medidas. Las gráficas usadas para el control de las variables, y las gráficas de medianas y gama de medidas se tratarán en el siguiente capítulo sobre control de calidad estadístico.

El otro tipo de inspección se relaciona con la medición por atributos. Con este tipo de inspección, se juzgan si son aceptables o defectuosos partes y productos. Sólo una de dos condiciones debe cumplir un producto que se esté inspeccionando. O cumple con el estándar y no cumple. Por ejemplo, los motores eléctricos ¿se mueven o no funcionan? Tal condición se presta al control de calidad por atributos. En este tipo de control de calidad se emplean "gráficas p" para controlar la proporción de partes o productos que resulten defectuosos. Estas gráficas también se tratarán en el siguiente capítulo.

## Causas de los problemas de calidad

Hay varias razones de problemas que causan rechazos o productos o servicios subestándar. Uno de los principales son los errores humanos. En ocasiones los empleados son negligentes en términos de mantener la calidad deseada en la producción. Si se usan sistemas de incentivos, basados en el número de unidades producidas, los empleados tienden a ser más desmotivados en términos de la calidad para producir más unidades. Algunos empleados no son lo bastante capaces para producir la calidad adecuada. Otros pueden estar afectados por problemas personales o pueden estar temporalmente en un estado de ánimo que les haga descuidar la ejecución adecuada de su trabajo. En algunos puestos, el ajustar de las máquinas puede cometer errores. El resultado de esto es que se producen muchos artículos que no cumplen con las especificaciones, aun cuando el operador de la máquina esté desempeñando correctamente su cometido. Finalmente, los inspectores también pueden cometer

errores. Si están involucrados en la inspección de todos los artículos que se producen, el aburrimiento y la fatiga pueden afectar su objetividad y la precisión de sus mediciones.

Otra de las causas de problemas en la calidad es la calidad de las materias primas. Si las materias primas no cumplen con los necesarios estándares de calidad, es difícil, si no es que imposible, hacer con ellas artículos terminados satisfactorios. Las partes y los productos en proceso también pueden causar problemas. Si las partes y productos en proceso tienen defectos, los productos terminados también tendrán estos defectos.

El ambiente en el cual se elaboran los productos puede tener un efecto adverso sobre la calidad. Si existe un mal alumbrado, es difícil mantener una elevada calidad en la producción y aún más difícil hacer un buen trabajo de inspección. En algunas industrias, como en la textil y la electrónica, la presencia de mucha humedad, elevadas temperaturas y condiciones polvosas pueden afectar adversamente la calidad del producto terminado. La vibración puede desajustar las máquinas. El ruido excesivo puede provocar errores por parte de los operadores de las máquinas o de los inspectores.

Finalmente, también las máquinas y las herramientas pueden ser causa de problemas en la calidad. Si determinadas máquinas no pueden producir artículos dentro de determinadas especificaciones, esto limita la calidad de los productos que puedan hacerse en ellas. Si las herramientas se desgastan o se desalínean, esto también dará como resultado la producción de artículos que no cumplan con las especificaciones.

### Dispositivos de inspección

Durante décadas, los fabricantes han confiado en el criterio subjetivo de trabajadores especializados para el control de la calidad. En muchos casos, el criterio subjetivo es el único dispositivo de inspección de que se dispone para ésto. Por ejemplo, juzgar el sabor, belleza y textura, es principalmente subjetivo. El control de calidad industrial se ha ido moviendo, siempre que ha sido posible, a medidas de calidad más objetivas. Cuando se dispone de ambos tipos de mediciones, es conveniente usar dispositivos de inspección objetiva, ya que minimizan los errores causados por el criterio humano. A continuación se presentan varios de los dispositivos de inspección más comunes.

Uno de los temas más comunes de investigación es la dimensión. Para determinar el tamaño de las partes o de los productos, se emplean varios dispositivos. Estos incluyen micrómetros, calibradores, pasa no pasa, calibradores de resaca a cero, plantillas y comparadores ópticos.

Un micrómetro está diseñado para medir las dimensiones con precisión. Se coloca la pieza en el micrómetro y la manija calibrada de éste se hace girar hasta un punto en el cual los lados del calibrador tocan los lados de la pieza. La dimensión de la pieza puede entonces ser determinada examinando las calibraciones.

El calibrador pasa no pasa es un dispositivo que no tiene partes móviles. Por lo general, cuenta con dos aberturas. Una de ellas representa la dimensión más grande aceptable y la otra la dimensión más corta aceptable. La pieza se coloca en la abertura más grande. Si es demasiado grande para ajustarse, debe volverse a hacer para que cumpla con las especificaciones. Se ajusta dentro de la abertura más grande y la abertura más chica, si es demasiado pequeña quizá tenga que ser desechada si puede volverse a trabajar. Si entra en la abertura más grande o ajusta en la abertura más pequeña, entonces la parte está dentro de las especificaciones y es aceptable.

Los calibradores exteriores o de mordaza están diseñados con una placa fija opuesta a una punta concertada a una carátula de presión. La pieza se oprime entre la placa fija y la punta, y las dimensiones externas quedan reflejadas en la carátula de presión cuando la punta se fuerza hacia arriba para acomodar a la pieza.

Las plantillas son perfiles bidimensionales de las dimensiones deseadas. En la industria textil y en la mueblera, se usan, con frecuencia, las plantillas para controlar las operaciones de corte que impliquen curvas. Además, estas plantillas pueden usarse para comprobar la calidad de las partes acabadas, ya sean cuellos de camisa o asientos de silla.

Los comparadores ópticos están diseñados para comprobaciones rápidas de contornos. Con frecuencia, los productos tienen dimensiones curvadas que son difíciles de medir con otros instrumentos. Colocándolos en un comparador óptico se proyecta una sombra sobre una pantalla que reduce a dos dimensiones el objeto tridimensional. Entonces pueden usarse plantillas para comprobar las dimensiones de la sombra. Otra aplicación de los comparadores ópticos comprende la medición de partes muy pequeñas. Cuando es proyectada la sombra, se pueden hacer ampliaciones con un adecuado ajuste de la lente.

La medición de la brillantez puede lograrse usando medidores de luz que midan la reflexión desde la superficie de la pieza en que se trabaja de una fuente de luz medida a una distancia dada de dicha pieza.

La medición de la textura de una superficie puede hacerse con otros instrumentos. Un tipo de estos instrumentos hace que una aguja rastreadora se mueva por la superficie del objeto y descubre diminutos cambios en lo llano y terso de la superficie. Otro tipo

sitivo comprueba si pasará aire entre la superficie lisa de la pieza y una placa lisa estándar contra la cual es colocada. Un dispositivo similar se usa para comprobar si pasa la luz entre la pieza y una superficie lisa estándar.

El hallar defectos internos subjetivamente representa un problema difícil. En esta tarea ayudan al inspector tres instrumentos. El procedimiento Magnaflux se emplea con productos de metal que tienen campos magnéticos. Se extienden uniformemente limaduras de hierro sobre la pieza en que se trabaja y luego esta se magnetiza. Si existen defectos internos, éstos se mostrarán en términos de un diseño en las limaduras. El segundo método es el uso de rayos X. Éstos dan la imagen de los defectos internos. El tercer método es usar vibraciones ultrasónicas. Este último método es sumamente efectivo cuando se trabaja con piezas muy gruesas.

La variedad de instrumentos de que se dispone para su uso en la inspección crece cada año. Aun cuando las limitaciones del espacio no permiten la descripción de muchos de los tipos disponibles, algunos de ellos se anotan a continuación:

Husques calibradores	Galvanómetros
Células fotoeléctricas	Probadores de dureza de Rockwell
Estroboscopios	Osciloscopios
Reflertoscopios	Televisión de circuito cerrado
Calibradores de inducción	Equipo para pruebas químicas
Espectrofotómetros	

### PREGUNTAS DE REPASO

1. ¿Cuál es la diferencia entre inspección y control de calidad?
2. ¿Cuál es el propósito de la inspección y del control de calidad?
3. Indique algunos de los momentos en la producción cuando deba hacerse una inspección y explique por qué.
4. ¿En cuáles ocasiones es necesaria una inspección del 100%?
5. ¿En cuáles situaciones es preferible una inspección de muestras en vez de la del 100%?
6. ¿En qué se diferencia la inspección de planta de la inspección en laboratorio?
7. ¿Cuáles son las ventajas de la inspección de planta sobre la inspección en laboratorio?
8. ¿Cuáles son las ventajas de la inspección de laboratorio sobre la inspección de planta?
9. ¿Cuáles son los componentes del circuito de retroalimentación? Defina cada uno de ellos.
10. ¿Cómo se usa el concepto de la retroalimentación para lograr una inspección y un control de calidad efectivos?
11. ¿Cuál es la diferencia entre inspección de variables y la inspección de atributos?
12. ¿Cuáles son las causas de problemas en la calidad?
13. Cite y describa a tantos dispositivos de inspección como pueda.

### PREGUNTAS PARA ESTUDIO

1. Uno de los propósitos de la inspección es asignar grados a los productos. Este mismo proceso, la inspección, puede ser usado para asignar grados a los estudiantes. ¿Cómo cree que pueda mejorarse el procedimiento?
2. Si la inspección se confía al trabajador y se le paga sobre un sistema de incentivos basado únicamente en la cantidad producida, es probable que en algunos casos pueda pasar los productos como aceptables cuando no lo son, sólo para aumentar su producción y, por lo tanto, sus ganancias. ¿Qué puede hacer un gerente para solucionar este problema?
3. De su experiencia en el trabajo, describa cuándo tiene lugar la inspección y qué tipos de inspección se aplican en una compañía en particular.
4. Discuta las aplicaciones del circuito de retroalimentación para procesos de inspección con los cuales esté familiarizado. Identifique en cada caso el proceso, el sensor, el comparador, la unidad de memoria y el efector.
5. ¿Cuál es la diferencia entre las variables y los atributos en la inspección y en el control de calidad? Presente ejemplos de variables que por lo general se inspeccionen y de atributos que también sean comúnmente inspeccionados.
6. Discuta los tipos de dispositivos de inspección que haya utilizado.
7. Examine algunos de los artículos a su alrededor, tales como muebles, plumas y ropa. ¿Cuáles son las características críticas que crea requieran inspección en cada una de ellas?
8. En el mercado, existen personas que compran productos principalmente por su alta calidad, y otras que compran productos de calidad muy inferior porque los pueden obtener a un precio mucho más bajo. Si fuera un fabricante, ¿qué mercado construiría para sus productos, y por qué? ¿Podría mantener su reputación al fabricar al mismo tiempo productos de alta calidad y productos baratos?
9. Suele presentarse mordaces argumentos alrededor del asunto de cuál es el mejor carro que puede comprar su dinero en el mercado actual. Si junta a los propietarios de Fords, Volkswagens, Rolls Royces o de otras marcas, argüirían incesantemente. ¿Cuál sería su elección del mejor auto? ¿Por qué? ¿Cómo podría aplicarse la inspección y el control de la calidad para mejorar la posición de los que usted considera automóviles malos?

### LECTURAS COMPLEMENTARIAS

- Bowker, A. H. and G. L. Lieberman, *Handbook of Industrial Statistics*, Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, Inc., 1955.
- Burr, J. W., *Engineering Statistics and Quality Control*, New York: McGraw-Hill Book Company, 1953.
- Cowden, D. J., *Statistical Methods in Quality Control*, Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, Inc., 1957.
- Duncan, Acheson J., *Quality Control and Industrial Statistics*, 3rd ed. Homewood, Ill., Richard D. Irwin, Inc., 1965.
- Erniek, N. L., *Quality Control*, 5th ed. New York: Industrial Press, Inc., 1966.
- Feigenbaum, A. V., *Total Quality Control*, New York: McGraw-Hill Book Company, 1961.

Grant, E. L., *Statistical Quality Control*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1964.

Hansen, B., *Quality Control*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, Inc., 1963.

Heide, John D., *Industrial Process Control by Statistical Methods*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1952.

Juran, J. M., ed., *Quality Control Handbook*, 2nd ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1963.

Landers, Richard R., *Reliability and Product Assurance*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, Inc., 1963.

Schrock, Edward M., *Quality Control and Statistical Methods*. New York: Reinhold Publishing Corp., 1957.

## Control de Calidad Estadístico

En el capítulo anterior se hizo la distinción entre la inspección y el control de calidad. Se hizo notar que la inspección implicaba la revisión para ver si un producto cumplía con un estándar determinado. Los resultados del proceso de inspección son la aceptación o rechazo de los productos. El control de calidad, a diferencia de la inspección, está dirigido hacia la producción futura en vez de hacia la producción pasada. En el control de calidad, el énfasis se coloca en tomar providencias para que los productos cumplan con las especificaciones. Algunos de los métodos para lograr esto incluyen los siguientes:

1. Ajuste de las máquinas cuando quedan desajustadas.
2. Evaluación de la calidad de las materias primas y de los suministros para ver si son causa de una calidad defectuosa en los productos.
3. Corregir el desempeño impropio del trabajador.
4. Corregir el ajuste de las herramientas y reemplazar las que estén desgastadas.
5. Consejar a ingeniería y ventas que se cambien las especificaciones de los productos para conformarlas a las capacidades de la producción.

Como el control de calidad está dirigido hacia el futuro, es necesaria la habilidad para hacer predicciones. Para hacer tales predicciones se requiere del conocimiento de la estadística. Como los conceptos estadísticos fundamentan al campo del control de calidad estadístico, examinaremos varios conceptos básicos en el campo de la estadística antes de entrar al estudio de sus aplicaciones al control de calidad.

### Términos estadísticos

El campo de la estadística con frecuencia parece confuso a los estudiantes debido a los términos que se emplean. La razón de esto es que muchos de los términos de la estadística están definidos em-

pleando otros términos estadísticos. Este problema puede solucionarse tomando una definición a la vez.

**Población.** Una población, o *universo*, como en ocasiones se denomina, representa a todos los objetos en una determinada clase o conjunto definido. En un sentido estadístico, los valores asociados a estos objetos constituyen la población. Por ejemplo, todos los estudiantes en una universidad, todos los artículos producidos por una compañía, y todas las partes que llegan de una línea de montaje, representan poblaciones. En un sentido estadístico, podríamos estar interesados en determinados valores cuantitativos asociados con los componentes de estas poblaciones. En el caso de los estudiantes, desearíamos datos sobre edades, cursos tomados o grados recibidos. En el caso de productos, podríamos necesitar datos sobre las características de su funcionamiento. En el caso de partes, podríamos requerir datos sobre las dimensiones de las partes para ver si ajustan con otros componentes al llegar a la fase final del montaje.

**Muestra.** Una muestra es parte de una población. Si examinamos los registros del 10% de los estudiantes de una universidad estamos tratando con una muestra de esa población. Si examinamos los reportes sobre pruebas de funcionamiento de la mitad de los artículos producidos por una compañía dada, esto también podría implicar el uso de una muestra. En forma similar, si seleccionamos para su inspección unas cuantas partes de una línea de montaje, estaríamos tratando con una muestra. Hay varios tipos de muestras que pueden usarse en la estadística. Para los propósitos del control de calidad estadístico, nuestro interés se dirige hacia las *muestras al azar*. Una muestra al azar es un grupo de datos que probablemente sean seleccionados de la población igual que cualquier otro grupo de datos. Esto implica que cada uno de ellos tiene iguales probabilidades de ser seleccionado de la población. En el caso de partes que provienen de una línea de montaje, resultaría una muestra al azar sólo si todas y cada una de las partes tiene igual oportunidad de ser seleccionada. Si tomamos una de cada tres partes, no obtendríamos una muestra al azar. Si tomamos una sola parte cada hora, tampoco obtendríamos una muestra al azar. Para asegurar que sea al azar, se emplean generadores de números al azar o tablas de números al azar. Esto se estudiará después con más detalle.

**La ley de la probabilidad.** Constantemente encontramos ejemplos de la ley de la probabilidad a nuestro alrededor. Las predicciones que hacen los meteorólogos contienen elementos de probabilidad, las primas de los seguros sobre la vida están basadas en la probabilidad y muchos juegos familiares están basados en la ley de la probabilidad. Un ejemplo, conocido para la mayoría de los estudiantes, y que está basado en un juego de cartas —el póker.

La Tabla 16-1 indica la probabilidad de obtener distintas manos de póker si quien da las cartas entrega cinco a cada jugador. Cualquiera que haya jugado póker se da cuenta que estas probabilidades son correctas. Obsérvese que la clasificación del valor de las distintas manos también refleja la probabilidad de que se reciban.

TABLA 16-1

Tipo de mano	Probabilidad	Oportunidad
Flor real	0.0000015	1 en 649 740 000
Flor corrida	0.0000138	1 en 72 191 330
Póker	0.00024	1 en 4 165 000
Full (tercia y par)	0.00144	1 en 694 160
Flor sencilla	0.00196	1 en 508 800
Corrida	0.00392	1 en 254 400
Tercia	0.0211	1 en 47 350
Dos pares	0.0475	1 en 21 000
Un par	0.422	1 en 2 360
Mano sin ningún par	0.501	1 en 1 990

Para los estudiantes que no estén familiarizados con el póker se puede citar otro ejemplo de la probabilidad. Intuitivamente se reconocerá que al lanzar una moneda al aire, es probable que caiga "cara" el 50% de las veces y "cruz" el 50% de las veces. En otras palabras, la oportunidad de que una moneda lanzada al aire caiga mostrando la cruz, es de una en cada dos lanzamientos.

La ley de la probabilidad se estudiará después en este mismo capítulo.

**La ley de los grandes números.** La ley de los grandes números puede enunciarse en términos generales de la siguiente manera: mientras mayor es la muestra —esto es, mientras más cerca esté numéricamente del tamaño de la población— las características de la muestra serán más representativas de la población.

Por ejemplo, si la edad promedio de los estudiantes de una universidad va a ser determinada, una muestra de la clase de producción reflejará la edad promedio de los estudiantes universitarios. Sin embargo, una muestra de todos los estudiantes de la escuela de comercio daría una indicación aún más precisa de la edad promedio de todos los estudiantes. Si la muestra incluyera a todos los estudiantes con excepción de uno, es obvio que la edad promedio del grupo de prueba sería casi exactamente el de todos los estudiantes de la Universidad.

Otro aspecto de la ley de los grandes números refleja el hecho de que mientras mayor sea el número de cosas que se observen, se encontrará más conformidad con las leyes de la probabilidad. En el ejemplo de la moneda lanzada al viento, si una vez la fuerza



lanzada cinco veces, es concebible que la oportunidad de que resultaran tres caras y dos cruces es muy buena. Esto indicaría que las caras saldrían 60% de las veces y las cruces el 40%, lo cual no representa la verdadera probabilidad ni para unas ni para las otras. Aun cuando se lanzaran diez monedas, no se presentaría la verdadera oportunidad de obtener el 50% de caras. En términos generales, a medida que aumenta el número de lanzamientos a un número mayor, por ejemplo a mil, diez mil o cien mil, se aproximaría mucho a la verdadera probabilidad. La prueba estadística de esto no se presentará aquí. Si hay alguna duda, el estudiante puede lanzar una moneda mil veces y puede tabular los resultados.

**Arreglo.** Arreglo es la ordenación de los datos de valores mayores a menores o viceversa. Aun cuando posteriormente nuestro interés será las aplicaciones de la estadística al control de calidad, en este punto se usará un ejemplo de la calificación de pruebas para demostrar los términos y las técnicas. Supóngase que se reciben calificaciones para las pruebas en una clase de dieciocho estudiantes. Para simplificar, supondremos que la prueba tenía diez preguntas, cada una con un valor de diez puntos. Por lo tanto, las calificaciones posibles eran 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 y, por supuesto, 0. La Tabla 16-2 presenta a los estudiantes y sus respectivas calificaciones. Los estudiantes están designados por letras en vez de por nombres.

TABLA 16-2

Estudiante	Puntuación	Estudiante	Puntuación	Estudiante	Puntuación
A	80	G	100	M	80
B	60	H	90	N	90
C	90	I	90	O	70
D	80	J	70	P	80
E	70	K	100	Q	70
F	60	L	80	R	90

El conglomerado de los datos relativos a las calificaciones de las pruebas de los estudiantes no representa un arreglo, puesto que los datos no están en ningún orden numérico en particular. Si los datos se agruparan de altos a bajos, con todos los 100 juntos, los 90 juntos y así sucesivamente, tendríamos un arreglo. La Tabla 16-3 representa tal agrupamiento de los datos.

**Distribución de frecuencias.** La distribución de frecuencias es un arreglo de los valores y de su correspondiente número de ocurrencias en los datos reunidos. La Tabla 16-3 es una distribución de frecuencias de las calificaciones de la prueba de los estudiantes. Obsérvese que los valores están arreglados de 100 al 60. Además,

TABLA 16-3

Valores de calificación	Número	Valores ponderados
100	2	200
90	4	360
80	6	480
70	4	280
60	2	120
Totales	18	1440

la frecuencia en que ocurren estos valores está representada en la segunda columna. Hay dos estudiantes que recibieron 100, cuatro que recibieron 90, seis que recibieron 80, cuatro que recibieron 70, y dos que recibieron 60.

**Medida de la tendencia central.** La mayoría de los estudiantes están familiarizados con la palabra "promedio". El estadístico por lo general evita este término. La razón para ello es que existen varios tipos de promedios. Cada uno de estos tipos tiene un nombre especial. En consecuencia, estas medidas no se llaman promedios sino medidas de la tendencia central. Para los relacionados con el control de calidad estadístico son tres las medidas de la tendencia central que son de interés. Son la media aritmética, la mediana y el modo.

La *media aritmética* es lo que la mayoría de los estudiantes piensa que puede usar como "promedio". Si se les pudiera que determinarían la edad promedio de los estudiantes de su clase, reuniría las edades de todos los estudiantes, las sumaría y dividiría el total entre el número de estudiantes. Si expresamos esto algebraicamente, la media aritmética es

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

donde  $\bar{X}$  = símbolo para la media aritmética,

$\sum X$  = la suma de los valores,

$N$  = el número total de casos.

En el caso de las calificaciones de las pruebas en la Tabla 16-3, la media aritmética es igual a ochenta. Esto se puede hallar tomando la suma de los valores ponderados (1440) y dividiendo esto entre el número total de casos (18).

$$\bar{X} = \frac{1440}{18} = 80$$

La *mediana*. La mediana puede definirse como el valor representado por el punto medio de los números en la distribución de

frecuencias. El punto medio de los números puede hallarse sumándolos y dividiendo la suma entre dos.

En el ejemplo de la calificación de pruebas de los estudiantes, había dieciocho estudiantes. Por lo tanto, el número del punto medio es nueve ( $18/2 = 9$ ). Esto indica que el punto medio se encuentra en la unidad o estudiante nueve. Principiando por arriba o por abajo, puesto que esta equidistante el punto medio, cuenta hasta la novena unidad o estudiante. La mediana se define como el valor que está representado por el punto medio de las unidades. Por la Tabla 16-3, puede observarse que el valor (calificación de la prueba) representado por el punto medio de los números (la novena unidad de los estudiantes) es ochenta. Así pues, la mediana de la calificación de las pruebas es ochenta. Obsérvese que el número nueve no es la mediana; el valor de ochenta, representado por el noveno número, es la mediana.

En ocasiones se presenta un problema con la mediana, la cual parece confusa. El problema existe cuando el número del punto medio representa dos valores. Las Tablas 16-4 y 16-5 proporcionan ejemplos.

TABLA 16-4

Temperatura °F	Número de la muestra
62	2
61	3
60	4
59	4
58	3
57	2
—	—
	18

TABLA 16-5

Tamaño del paquete [lb]	Número en el inventario
1	2
5	3
10	4
30	4
50	3
100	2
—	—
	18

En cada uno de estos ejemplos el número del punto medio es la novena unidad. En el caso de las temperaturas, la novena unidad a partir de arriba representa el valor de 60°F. La novena unidad a partir de abajo representa 59°F. Como las temperaturas representan valores *continuos* o *en serie*, la mediana podría ser 59.5°F. Por "continuos" o "en serie" se quiere decir que los valores varían continuamente de 57°F a 62°F o en cualquier fracción de grado dependiendo de los números de las observaciones en la muestra.

En el caso de tamaños de paquetes en el inventario, como se muestra en la Tabla 16-5, la novena unidad representa 10 lb, contando desde arriba, o 30 lb, si se cuenta desde abajo. En este caso, los valores son *continuos* o *en serie*. La respuesta no sería 20 lb

La razón para esto es que la compañía no tiene paquetes de 20 lb. Cuando se reporta el valor de la mediana para datos, tales como los mastrados para los tamaños de paquetes, es apropiado decir que la mitad de las unidades incluyen a los paquetes de 1, 5 y 10 lb, y que la otra mitad de las unidades incluye los paquetes de 30, 50 y 100 lb.

**El modo.** El modo puede definirse como el valor que está representado por el número más elevado en la distribución de frecuencias. En el ejemplo de la calificación de las pruebas de los estudiantes, la calificación de prueba, o valor de 80, está representado por el número más elevado de estudiantes. El modo es la más fácil de las tres medidas de la tendencia central para determinar si las muestras están en arreglos. Implica hallar el número o números más elevados en la distribución de frecuencias, asociándolas con sus valores correspondientes.

En ocasiones existirá más de un modo en una distribución de frecuencias. En la Tabla 16-4 hay cuatro ejemplos que son 59°F y cuatro ejemplos en que son 60°F. En la Tabla 16-5 hay cuatro unidades de paquetes de 10 lb y cuatro unidades de paquetes de 30 lb. En cada uno de estos casos hay dos modos. A tal situación se le llama *distribución bimodal*. A tres modos se le llamaría *distribución trimodal*.

El valor modal en la Tabla 16-3 es una calificación de prueba de 80. Los valores bimodales en la Tabla 16-4 son 59°F y 60°F. Los valores bimodales en la Tabla 16-5 son 10 lb y 30 lb. Obsérvese que en cada caso el modo se aplica a los valores representados por los números más altos en la distribución de frecuencias, no a los números en sí.

**La distribución normal.** La distribución normal es una base teórica del control de calidad estadístico. Tiene varias características. En teoría es perfectamente simétrica y tiene forma de campana. Puede ser representada por el uso de la media aritmética y la desviación estándar. Pero aún más importante que estas características, es posible predecir con un grado específico de exactitud, utilizando conceptos basados en la distribución normal. En la Fig. 16-1 se presenta una distribución normal.

Aun cuando los datos sobre las calificaciones o las pruebas de los estudiantes del ejemplo, no se conforman a la forma teórica de la distribución normal, demuestran una de sus características. La Fig. 16-2 contiene las calificaciones de las pruebas de los estudiantes.

Obsérvese que está distribuida simétricamente la media, la mediana y el modo tienen el mismo valor. En el ejemplo, la media, la mediana y el modo son iguales a 80. Esto suscita la pregunta: ¿por qué hay tres medidas de la tendencia central? ¿dan como resultado la misma respuesta? La importancia de las tres medidas

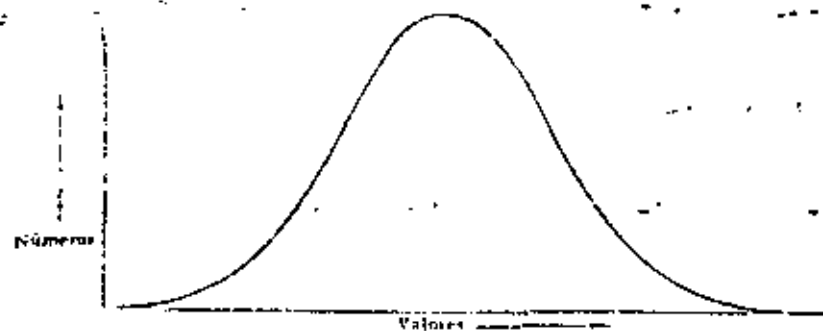


Fig. 16-1. La distribución normal

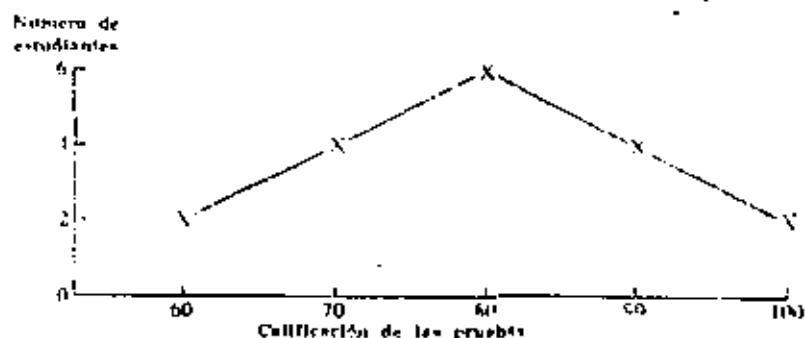


Fig. 16-2. Calificación de las pruebas

de la tendencia central se hace evidente en distribuciones que no son simétricas. Supóngase que se les hizo otra prueba a los 18 estudiantes con los resultados que se muestran en la Tabla 16-6. La Fig. 16-3 presenta las relaciones gráficas que resultaron de esta prueba.

La distribución resultante de la prueba no es normal. Tampoco debe ser considerada anormal. Se le llama *distribución asimétrica*.

TABLA 16-6

Valores de calificación	Número	Valores ponderados
100	1	100
90	2	180
80	5	400
70	4	280
60	2	120
50	1	50
10	2	20
0	1	0
<b>Totales</b>	<b>18</b>	<b>1150</b>

En este ejemplo, es asimétrica a la izquierda. La dirección se determina examinando el extremo más largo de la curva. Obsérvese que en una distribución asimétrica la media, la mediana y el modo no son iguales. En el ejemplo, la media es 63.89. Esto se encuentra dividiendo la suma de  $X$  (1150) entre  $N$  (18). La mediana se encuentra a la derecha de la media y es igual a la calificación de 70. El modo se encuentra a la derecha de la mediana y es igual a la calificación de 80.

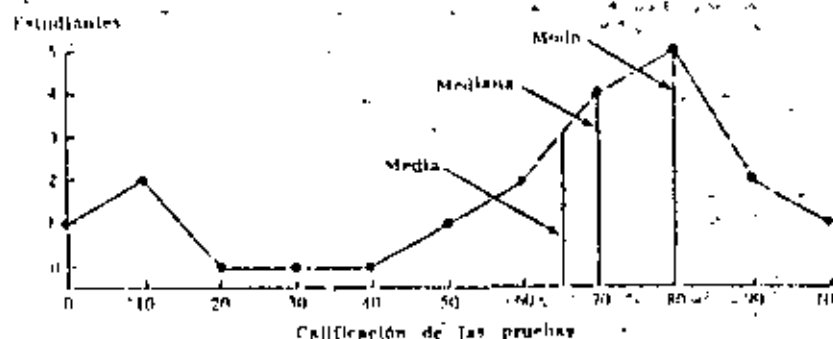


Fig. 16-3.

**Medidas de la dispersión.** La mayoría de las distribuciones pueden describirse en forma concisa con dos tipos de medidas. Uno de los tipos, la medición de la tendencia central, indica en dónde se encuentra el centro de la distribución. Otro tipo, la medición de la dispersión, indica la difusión de la distribución. En el control de calidad se usan ampliamente dos medidas de dispersión, la amplitud y la desviación estándar.

**La amplitud.** La amplitud puede definirse como la diferencia entre los números más altos y los más bajos en una distribución de frecuencias. En el caso de la primera calificación de pruebas de los estudiantes en la Tabla 16-3, la amplitud es de 100 a 60. En otras palabras, la amplitud es igual a 40. En la segunda prueba, los resultados de la cual aparecen en la Tabla 16-6 la amplitud es de 100 a 0. Por lo tanto, la amplitud es igual a 100. La amplitud es una medida de la dispersión que se calcula con prontitud e indica la difusión de una distribución sin tomar en cuenta su medida de la tendencia central.

**La desviación estándar.** La desviación estándar es la raíz cuadrada de la variancia. La variancia es la media de la suma del cuadrado de los valores observados a partir de la media. En forma de ecuación, la desviación estándar para datos no agrupados es como sigue:

$$s = \sqrt{\sum x^2 / N}$$

donde  $\sigma$  = al símbolo de la desviación estándar.

$\sum x^2$  = a la suma de las desviaciones de los valores observados a partir de la media, en donde todas las desviaciones positivas y negativas son elevadas al cuadrado.

$N$  = al número de observaciones.

La desviación estándar puede ser demostrada mediante el uso de un ejemplo. Supóngase que el departamento de control de calidad de una compañía toma muestras periódicas a intervalos de media hora durante todo el día. Los resultados de dieciséis comprobaciones de cada media hora aparecen en la Tabla 16-7.

TABLA 16-7

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Hora de la muestra	Peso en gramos $X$	Peso medio $\bar{X}$	Desviaciones $x$	Desviaciones al cuadrado $x^2$
8:00	107	105	2	4
8:30	105	105	0	0
9:00	106	105	1	1
9:30	102	105	-3	9
10:00	107	105	2	4
10:30	101	105	-4	16
11:00	105	105	0	0
11:30	105	105	0	0
12:00	109	105	4	16
12:30	105	105	0	0
2:00	106	105	1	1
2:30	105	105	0	0
3:00	102	105	-3	9
3:30	100	105	-5	25
4:00	106	105	1	1
4:30	106	105	1	1
$N = 16$	1680		0	96

El procedimiento para calcular la desviación estándar para datos no agrupados implica los pasos siguientes:

1. Se anotan y suman el número de observaciones (Col. 1).
2. Se anotan y suman los valores observados (Col. 2).
3. Se calcula la media aritmética (Col. 3).
4. Se calculan y anotan las desviaciones de la media del valor de cada muestra (Col. 4).
5. Se elevan al cuadrado y se suman las desviaciones (Col. 5).

Una vez que se ha calculado la tabla, la desviación estándar puede calcularse con la fórmula:

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\sum x^2 / N} \\ &= \sqrt{96 / 16} \\ &= \sqrt{6} \\ &= 2.449 \end{aligned}$$

A diferencia de la amplitud, que mide la dispersión sin tomar en cuenta la media, la desviación estándar mide la dispersión promedio a partir de la media. Su importancia en el control de calidad está en la teoría de la probabilidad. Si se supone una distribución normal, se aplican las siguientes observaciones importantes:

El 68.27% del área bajo una curva normal existe entre más o menos una desviación estándar de la media.

El 95.45% del área se encuentra entre más o menos dos desviaciones estándar.

El 99.73% del área se encuentra entre más o menos tres desviaciones estándar.

Estas relaciones representan a las áreas debajo de una curva normal en más o menos una, dos y tres desviaciones estándar. Otros porcentajes se aplican a desviaciones estándar fraccionales. Estos valores pueden encontrarse en tablas estadísticas publicadas. Una representación gráfica de la situación antes descrita aparece en la Fig. 16-4.

Si se conoce la media y la desviación estándar de los valores tomados de una muestra, se puede predecir cuántas muestras caerán por azar dentro de determinados límites de control. Utilizando el ejemplo que comprende los datos de la Tabla 16-7, el gerente del control de calidad podría predecir, de acuerdo con la probabilidad, el siguiente porcentaje de muestras que caerían dentro de las siguientes amplitudes:

- 68.27% caería entre 102.6 y 107.4 g
- 95.45% caería entre 100.1 y 109.8 g
- 99.73% caería entre 97.7 y 112.3 g

Cuando los valores de las muestras se exceden de estos límites, ha llegado el momento de buscar la dificultad en el proceso de producción.

El uso de la desviación estándar, como medida de la dispersión para fijar los límites del control de calidad, está restringido a aquellos casos en los cuales es normal la distribución de la población y el tamaño de la muestra es uno. Tal situación se supone en la Tabla 16-7. Sin embargo, en muchas situaciones industriales, la distribución de la población no es normal, y en vez de tomar muestras de un artículo, el personal responsable del control de calidad toma muestras de varios artículos cada vez que muestran la población.

Típicamente, la media de cada muestra de artículos, o media de la muestra, se usa entonces como indicador del nivel de la calidad en el momento en particular en el que se toma la muestra. Aun

cuando la distribución de la población pueda no ser normal, la distribución de la media muestral se aproximará a la distribución normal. Para propósitos de control, se usa la media de las medias muestrales como medida de la tendencia central. El error estándar de la media se usa como medida de la dispersión. Se calcula como sigue:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

donde

- $\sigma_{\bar{x}}$  = al error estándar de la media
- $\sigma$  = a la desviación estándar de la población
- $n$  = al tamaño de la muestra

### Gráficas para el control de calidad

Las gráficas para el control de calidad se usan para el control diario de los procesos de producción. Dos tipos básicos de gráficas son de uso común. La gráfica para las medias y la gráfica para las amplitudes. Ambas gráficas permiten el trazo de valores de muestra sobre una escala de tiempos.

Gráficas para las medias. (Gráfica X). Una gráfica para las medias contiene dos escalas. La escala de la base representa tiempo. En la escala vertical existen graduaciones para trazar los valores muestrales. La escala vertical tiene su centro en el valor medio. También son necesarias otras dos líneas: los límites de control superior e inferior. Por lo general, éstas son determinadas con referencia a la desviación estándar.

El ejemplo usado en la Tabla 16-7 proporcionará un marco de referencia para comprender la gráfica de las medias. Los datos de la Tabla 16-7 están trazados en la gráfica de la media de la Fig. 16-5.

El examen de la Fig. 16-5 revelará que en los límites de control de más o menos una desviación estándar, seis muestras están arriba o abajo de los límites. En teoría, el 68.27% de los casos deberían estar dentro de los límites, y el 31.73% fuera, debido a la variación de la probabilidad. De acuerdo con las muestras tomadas, el 62.5% está dentro de los límites y el 37.5% está fuera (6/16).

En los límites de más o menos dos desviaciones estándar, se espera que el 95.45% de los casos esté dentro de los límites y el 4.55% esté fuera. En realidad, el 93.75% de las muestras está dentro de los límites y el 6.25% está fuera (1/16).

En los límites de más o menos tres desviaciones estándar, se espera que el 99.73% esté dentro de los límites y el 0.27% esté fuera. Las muestras tomadas indican que el 100% está dentro de los límites.

En términos generales, el control de calidad entrará en sospechas de la situación con estos resultados. Aun cuando la muestra es

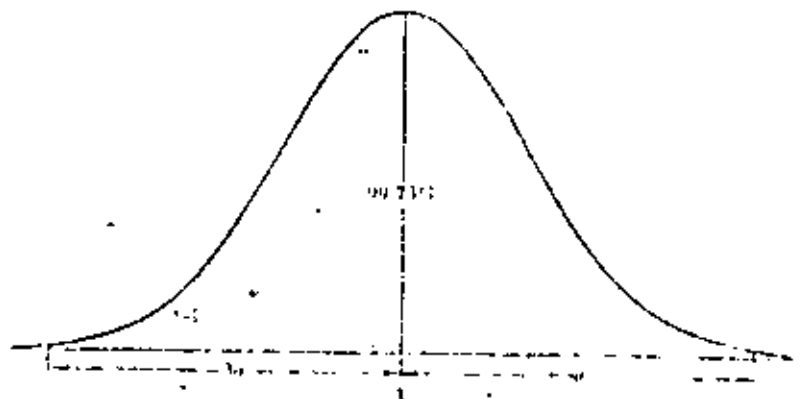
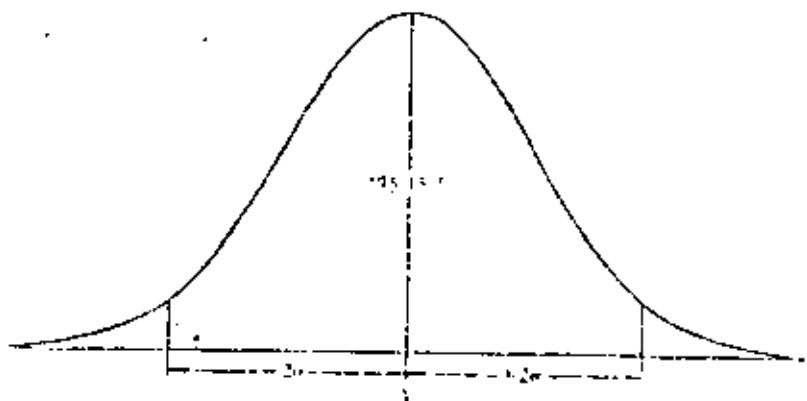
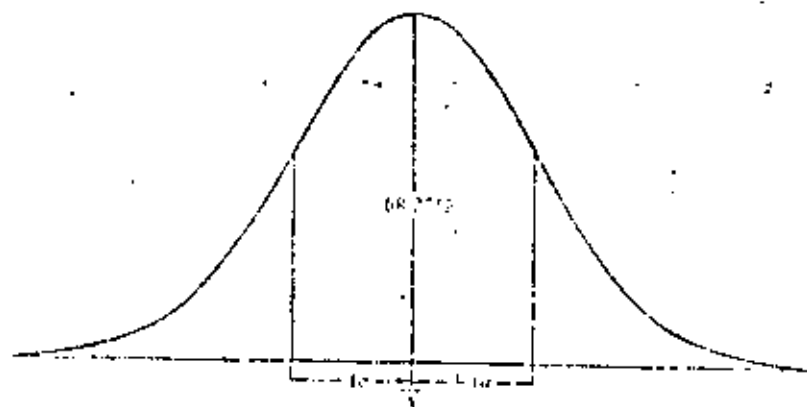


Fig. 16-4. Área bajo la curva normal a 1, 2 y 3 límites

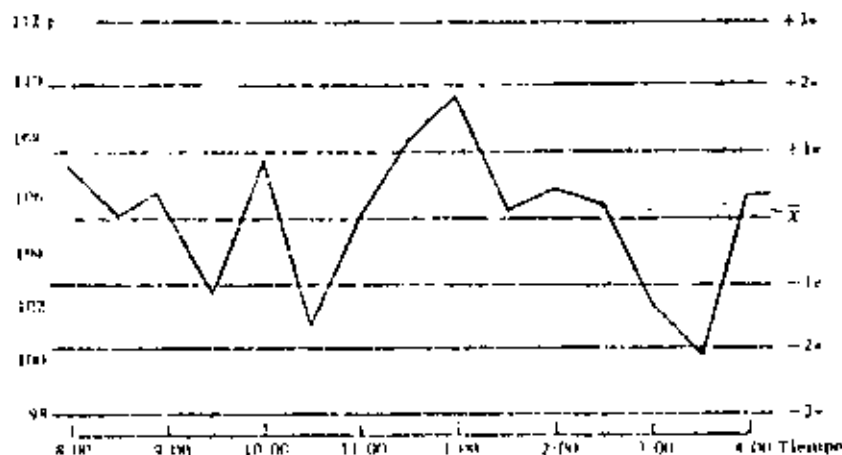


Fig. 16-5

muy pequeña, la variación excede ligeramente de los límites de control en los niveles de más o menos una y dos desviaciones estándar. Cuando se presenta esta situación, se supone que la variación en el producto no se debe enteramente al azar.

El examen de algunos otros ejemplos aclararán la diferencia entre la *variación al azar* y la *variación atribuible*. Supóngase que se le presenta al gerente de control de calidad una gráfica de lecturas de muestras como la de la Fig. 16-6.

En la ilustración se describe una situación que indica que la media se está moviendo. La línea de tendencia indica que está desplazándose hacia arriba y que está fuera de control. Sin embargo, por lo general, el gerente de control de calidad no esperaría el reporte de las dos de la tarde, aun cuando el reporte mostrara que queda

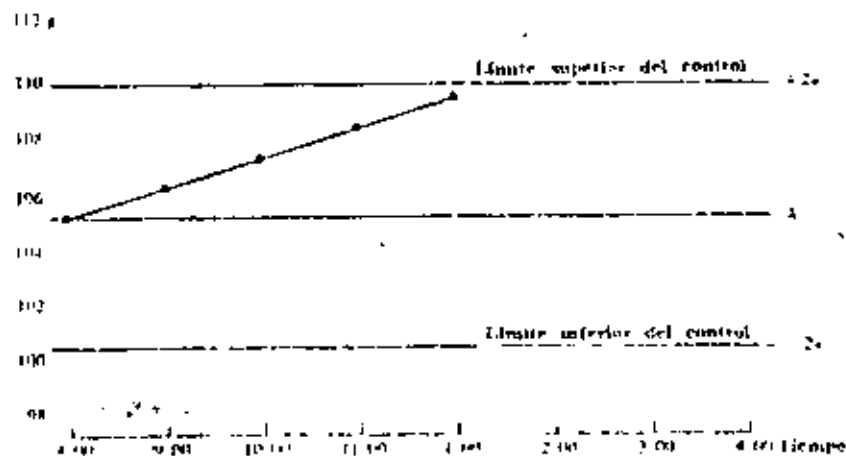


Fig. 16-6

en los límites superiores de control. La razón para esto se basa en comprender la media. En una situación gobernada por variaciones al azar, los valores muestrales deben variar tanto por arriba como por abajo de la media. En la situación de la Fig. 16-6, éste no es el caso. Es obvio que la variación no se debe al azar sino que es asignable a alguna causa. Las causas posibles son desprendimiento de herramientas, materia prima de mala calidad, herramientas desgastadas, descuidos de los trabajadores o un mal funcionamiento gradual de la máquina. En la Fig. 16-7 se presenta otro ejemplo.

En el ejemplo que se describe en la Fig. 16-7, el proceso se encuentra muy dentro de los límites de control; sin embargo, indica una situación que no se debe a variación. Obsérvese que los valores

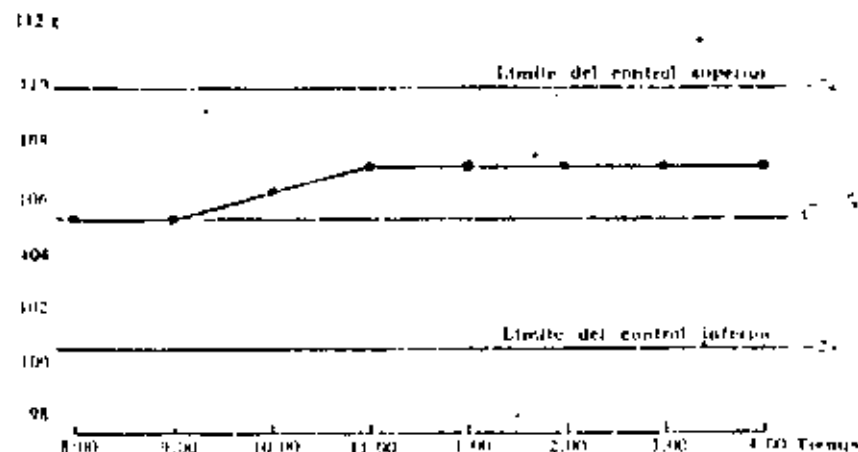


Fig. 16-7

muestrales están en la media (105) a las 8:00 y a las 9:00. A las 10:00 y a las 11:00 los valores muestrales aumentaron hasta alcanzar un nuevo nivel. De la 1:00 a las 4:00, los valores muestrales permanecieron en 107 g. En este caso es posible producir la variación asignable. Es posible que la máquina haya sido ajustada correctamente cuando el operario llegó al trabajo a las 8:00. Después de las 9:00, alguna herramienta, aditamento, o la misma máquina, comenzó a desajustarse, con un incremento resultante en la media. Después del almuerzo, parecería como que el operario reajustó la herramienta, el aditamento o la máquina de manera que ésta produjera los artículos a un nivel más elevado durante el resto de la jornada.

El valor de las gráficas de la media radica en el hecho de que una vez que son ajustadas, pueden ser llevadas al día por personal con relativamente pocos conocimientos. Cuando todo va completamente, no se requiere dedicar ningún tiempo administrativo a la supervigilancia. Cuando las situaciones comienzan a variar fuera

de control, entonces puede recurrirse a la administración para que intervenga. Esto utiliza el principio de la administración, por excepción tratado en el capítulo sobre la administración de los sistemas de producción.

Otra de las ventajas de las gráficas de la media es que permite la corrección de una producción defectuosa antes que avance demasiado. Esto es mejor que descubrir, mediante la inspección, que todo el trabajo de producción se ha hecho en forma incorrecta. Además, las gráficas de la media ayudan al gerente de control de calidad para descubrir qué tipo de problemas están causando que la producción sea de mala calidad.

Gráficas de amplitud. Las gráficas de amplitud son muy valiosas en el control de calidad, debido a que indican los cambios en la dispersión de los valores máximos y mínimos en una distribución de frecuencias. En la mayoría de los casos, el gerente del control de calidad desearía una amplitud reducida en el proceso de producción. Cuando la amplitud aumente más allá de los límites de control, está indicada la acción correctiva.

La construcción de una gráfica de amplitud es similar a la gráfica de la media. Los datos de la Tabla 16-8 proporcionan material para un problema de muestra.

TABLA 16-8

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Hora de la muestra	Peso mayor en gramos	Peso menor en gramos	Amplitud $R$	Amplitud media $\bar{R}$	Desviación $x$	Desviación <sup>2</sup> $x^2$
8:00	108	105	3	4	-1	1
8:15	107	104	3	4	-1	1
9:00	107	105	2	4	-2	4
9:30	106	101	5	4	1	1
10:00	110	105	5	4	1	1
10:30	104	99	5	4	1	1
11:00	108	103	5	4	1	1
11:30	110	107	3	4	-1	1
1:00	110	108	2	4	-2	4
1:30	107	103	4	4	0	0
2:00	108	104	4	4	0	0
2:30	107	102	5	4	1	1
3:00	105	100	5	4	1	1
3:30	103	99	4	4	0	0
4:00	108	103	5	4	1	1
4:30	108	104	4	4	0	0
$N = 16$			64			18

El procedimiento para calcular la amplitud media ( $\bar{R}$ ) y la desviación estándar de la amplitud ( $\sigma_R$ ), comprende los siguientes pasos:

1. Se anotan y suman el número de desviaciones (Col. 1).
2. Se registra el valor más grande en cada muestra (Col. 2).
3. Se registra el valor menor en cada muestra (Col. 3).
4. Se anota la diferencia entre los valores menor y mayor de cada muestra. A continuación se suman estas amplitudes (Col. 4).
5. Se calcula y anota la amplitud media (Col. 5).
6. Se calcula y anota la desviación de cada amplitud de muestra de la amplitud media (Col. 6).
7. Las desviaciones se elevan al cuadrado y se suman (Col. 7).

Las fórmulas siguientes proporcionan la amplitud media y las desviaciones estándar de la amplitud:

$$\begin{aligned} \bar{R} &= \frac{\sum R}{N} & \sigma_R &= \sqrt{\sum x^2/N} \\ &= \frac{64}{16} & &= \sqrt{18/16} \\ &= 4 \text{ g} & &= \sqrt{1.125} \\ & & &= 1.061 \text{ g} \end{aligned}$$

Las mismas observaciones que se aplican a las gráficas de la media se aplican a las gráficas de amplitud. Se supone que el 68.27% de las amplitudes de muestras estarán dentro de más o menos una desviación estándar de la amplitud de la media de amplitud. También se aplican los límites para dos y tres desviaciones estándar. Algebraicamente, estos límites son como sigue:

$$\begin{aligned} \bar{R} \pm 1\sigma_R &= 68.27\% \text{ de los casos} \\ \bar{R} \pm 2\sigma_R &= 95.45\% \text{ de los casos} \\ \bar{R} \pm 3\sigma_R &= 99.73\% \text{ de los casos} \end{aligned}$$

Regresando al ejemplo dado en la Tabla 16-8, si uno conoce la amplitud media y la desviación estándar de la media, puede predecir cuántas muestras caerán dentro de determinados límites de control debido a la variación al azar. En el ejemplo, la amplitud media es igual a cuatro gramos. La desviación estándar de la media es igual a 1.061 g. Por lo tanto, pueden hacerse las siguientes suposiciones:

- 68.27% caerá entre 2.939 y 5.061 g
- 95.45% caerá entre 1.878 y 6.122 g
- 99.73% caerá entre 0.817 y 7.183 g

Cuando los valores de amplitudes de muestra exceden de estos límites, ha llegado el momento de las dificultades, bajo el punto

de vista del control de calidad. Un ejemplo de la gráfica de amplitud para los datos del ejemplo, se muestra en la Fig. 16-8.

El examen de la Fig. 16-8 revelará que en más o menos una desviación estándar de la amplitud, dos muestras están fuera de los límites del control. En teoría, el 68.27% deberá estar dentro de los límites, y el 31.73% fuera de ellos, debido a la variación al azar.

De acuerdo con los datos de la Fig. 16-8, sólo dos de las dieciséis muestras se encuentran fuera de los límites en más o menos una desviación estándar de la amplitud. El porcentaje de las muestras que se encuentran dentro es de 87.5 y el porcentaje de las que están fuera es de 12.5. Podemos concluir que en más o menos una desviación estándar de la amplitud, la variación se debe al azar y no a una variación asignable.

En más o menos dos desviaciones estándar de la amplitud ninguna de las muestras se encuentra fuera de los límites. Lo mismo es cierto en más o menos tres desviaciones estándar de la amplitud. Nuevamente, podemos sacar como conclusión que la operación está controlada.

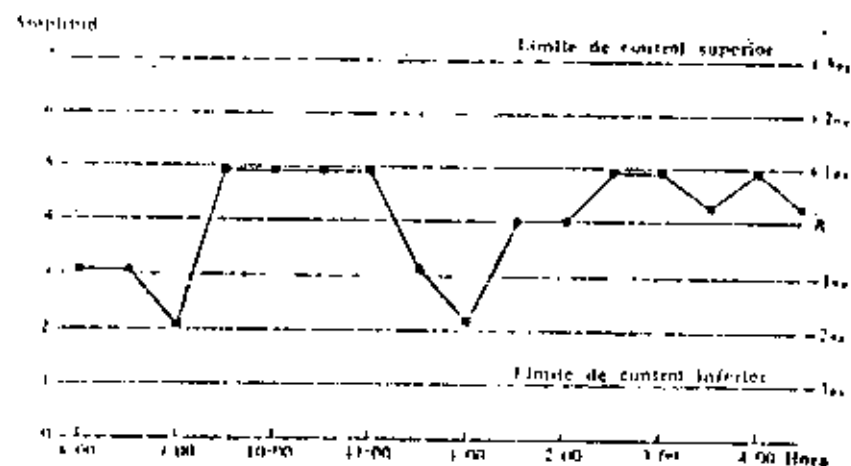


FIG. 16-8

El límite de control inferior en menos de tres desviaciones estándar de la amplitud, podría calcularse como sigue:

$$\begin{aligned} \text{L.C.I.} &= \bar{R} - 3\sigma_R \\ &= 4\text{g} - (3)(1.5\text{g}) \\ &= 4 - 4.5\text{g} \\ \text{L.C.I.} &= -0.5\text{g} \end{aligned}$$

Este resultado, aun cuando se conforma con la fórmula, es absurdo en una situación de producción real. Obsérvese que el límite de control inferior para la gráfica de amplitud es cero. Cuando uno está tratando con productos tangibles, es imposible obtener una muestra que pese -0.5 g, o sea, menos que nada.

Otro método puede usarse para encontrar la amplitud media y la desviación estándar de la amplitud. Sobre la base de la teoría de la probabilidad y de la distribución normal, es posible expresar las relaciones de  $\bar{R}$  y  $\sigma_R$  y la desviación estándar de la media. Estas relaciones se pueden encontrar en Tablas como la mostrada en la Tabla 16-9.

TABLA 16-9

Tamaño de la muestra	$d_2$	$d_3$
2	1.128	0.853
3	1.693	0.888
4	2.059	0.880
5	2.326	0.864
6	2.534	0.848
7	2.704	0.833
8	2.847	0.820
9	2.970	0.808
10	3.078	0.797
11	3.173	0.787
12	3.258	0.778
13	3.336	0.770
14	3.407	0.762
15	3.472	0.755
16	3.532	0.749
17	3.588	0.743
18	3.640	0.738
19	3.689	0.733
20	3.735	0.729

Para encontrar la amplitud media y la desviación estándar de la media, se emplean las siguientes ecuaciones:

$$\bar{R} = d_2 \bar{x} \quad \sigma_R = d_3 \sigma$$

Existe un caso en el cual los límites de control se manejan en forma distinta en las gráficas de amplitud que en las gráficas de la media. Supóngase que la amplitud es igual a 4 g y que la desviación estándar de la amplitud es igual a 1.5 g. En este caso, los límites de control superior e inferior en una, dos o tres desviaciones estándar de la amplitud podrían ser como sigue:

	Límite de control superior	Límite de control inferior
$\bar{R} \pm 1\sigma_R =$	5.5 g	2.5 g
$\bar{R} \pm 2\sigma_R =$	7.0	1.0
$\bar{R} \pm 3\sigma_R =$	8.5	0.0



Por ejemplo, si el tamaño de la muestra es veinte y la desviación estándar de la media es de 2 plg, entonces

$$\begin{aligned} \bar{R} &= (3.735) (2) & \sigma_{\bar{x}} &= (0.729) (2) \\ \bar{R} &= 7.470 \text{ plg} & \sigma_{\bar{x}} &= 1.458 \text{ plg} \end{aligned}$$

El uso de la tabla de constantes de amplitud reduce en forma importante el tiempo requerido para preparar y revisar las gráficas de amplitud. Aun cuando están basadas en las relaciones estadísticas de la distribución normal, las respuestas que se derivan de su uso son lo bastante precisas para muchas aplicaciones industriales, aun cuando las aplicaciones industriales no proporcionen distribuciones normales de los datos.

**Uso de gráficas de la media y de la amplitud.** Hasta el momento se han tratado por separado las gráficas de la media y las gráficas de la amplitud. Para un control de calidad efectivo es esencial usar ambas gráficas juntas. La razón para ello es que una u otra gráfica, cuando se usan solas, no describen exactamente la situación. Para explicar esta relación, examinemos primeramente las medias cambiantes y luego examinaremos las amplitudes cambiantes.

Es muy posible, en una situación de producción, encontrar que está cambiando la media de las muestras que se están examinando. Esto puede mostrarse gráficamente en la Fig. 16-9.

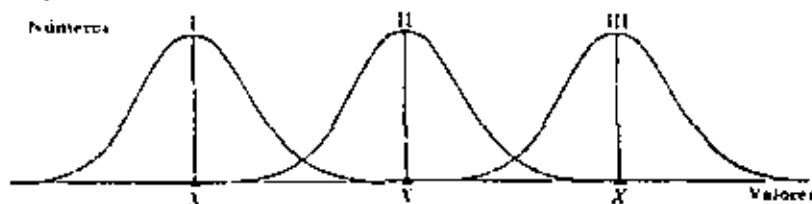


FIG. 16-9

Supongamos que la muestra I fue tomada a las 9:00, que la muestra II fue tomada a las 11:00 y que la muestra III fue tomada a las 2:00. Supongamos también que la media de la muestra I corresponde a la media deseada para propósitos del control de calidad. En la Fig. 16-10 se muestra una gráfica de la media que representa esta situación.

Obsérvese que la gráfica de la media muestra tendencia al descontrol. Si sólo hubiéramos examinado la gráfica de amplitud, parecería que todo estaba bajo control. La Fig. 16-11 muestra la gráfica de la amplitud para esta situación.

En este caso, la media varió en tanto que la amplitud permanecía constante. Examinando únicamente la gráfica de la amplitud, ésta hubiera indicado que todo estaba bajo control; sin embargo, el examen de la gráfica de la media hubiera indicado la verdadera situación.

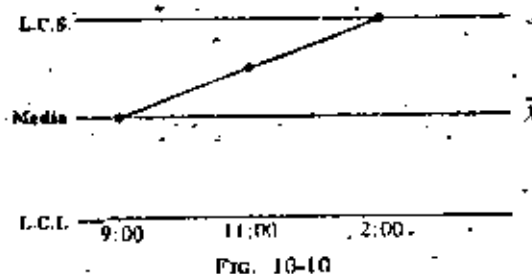


FIG. 16-10

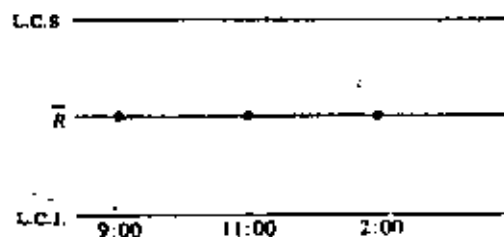


FIG. 16-11

Ahora examinaremos una situación en donde la media es constante y la amplitud está quedando fuera de control. La Fig. 16-12 muestra lo que está sucediendo a las distribuciones de la muestra en los tres intervalos de tiempo, 9:00, 11:00 y 2:00.

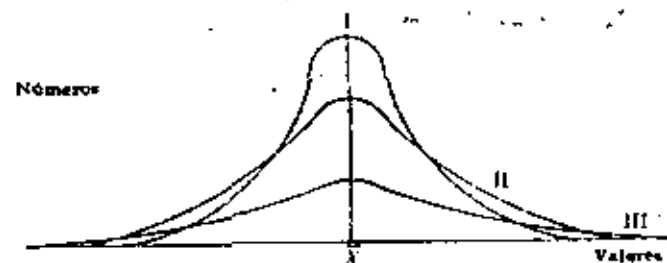


FIG. 16-12

En esta situación, la media no ha cambiado. La gráfica de la media para este ejemplo se muestra en la Fig. 16-13. Observando únicamente la gráfica de la media, parecería que todo estaba bajo control.

Sin embargo, si sólo se hubiera empleado la gráfica amplitud, parecería que el proceso iba quedando fuera de control. A medida que la distribución se extiende más y más, la amplitud también aumenta. Esta situación se muestra en la Fig. 16-14.

En la mayoría de las situaciones de producción, cambian al mismo tiempo tanto la media como la amplitud. Por lo tanto, es esencial

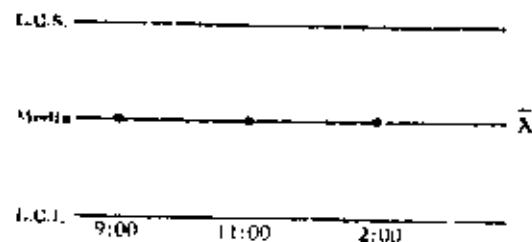


Fig. 16-13

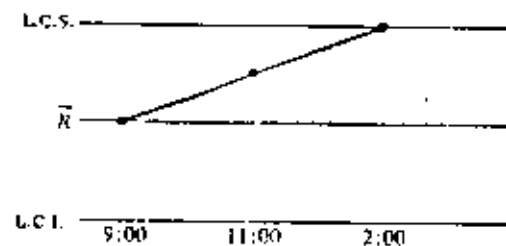


Fig. 16-14

usar tanto la gráfica de la media como la gráfica de amplitud para un control de calidad efectivo.

### Límites de control y límites de tolerancia

Una vez que se han reunido y se han analizado los datos estadísticos, se presenta una importante pregunta con relación a la determinación de los límites en las gráficas de control. ¿A qué nivel deben fijarse los límites de control?

Si se fijan límites muy estrechos y cercanos a la media o a la amplitud media en las gráficas de la media y de la amplitud, la probabilidad de cometer un error de tipo I aumenta. El error de tipo I está basado sobre una suposición equivocada de que el proceso está fuera de control cuando en realidad está controlado. Esto es probable ya que varios valores muestrales, mediante la variación al azar, pueden caer fuera de los límites de control cuando éstos son muy estrechos.

Por otra parte, si se establecieran límites muy amplios, aumentaría la oportunidad de cometer un error de tipo II. El error de tipo II está basado en la suposición equivocada de que el proceso está controlado cuando en realidad está fuera de control. Esto es probable ya que varios valores muestrales, mediante variación asignable, aún permanecen dentro de los límites del control.

Una práctica común industrial es usar límites de control  $\pm 3\sigma$  para disminuir los riesgos de cometer errores de tipo I y de tipo II. Sin embargo, determinadas compañías pueden fijar sus límites en

otros niveles para mantener ciertos límites de confianza de su propia elección. Con un límite de confianza dado, el límite de desviaciones estándar a usar para los límites de control se puede determinar estadísticamente.

Hasta este momento, el estudio de los límites de control superior e inferior ha estado basado en el concepto de los límites de control estadísticos. Además de este concepto, se debe considerar otro tipo de límite. A este tipo de límite se le conoce como *tolerancia* o *especificación*. En vez de estar determinado estadísticamente, queda determinado cuando el producto es diseñado. Los ingenieros pueden especificar que un producto debe conformarse a ciertas dimensiones, pero que se permitirán tolerancias de más o de menos. Los clientes representan otra fuente de límites de tolerancia. Ellos pueden especificar los límites en sus pedidos y rehusar aceptar el producto si no se apega a sus especificaciones. Siendo éste el caso, los límites de tolerancia o especificaciones constituyen la prueba final acerca de la aceptabilidad de un producto.

Si los límites de control estadístico se encuentran dentro de los límites de tolerancia, entonces habrá pocos problemas en términos de cumplir con las especificaciones de ingeniería o de los clientes. Sin embargo, si los límites de control estadístico caen fuera de los límites de tolerancia, entonces se presenta un problema especial. Existen varias formas de manejar este problema. Primera, podría alterarse el proceso de producción para que los límites de control estuvieran dentro de los límites de tolerancia. Si esto no es posible, se podría intentar una segunda alternativa. Esto implica discutir con los ingenieros o con los clientes los límites de tolerancia, explicando que el producto no puede ser fabricado con especificaciones tan rígidas. Tales prácticas pueden conducir al cambio de las tolerancias. Si éstas no pueden ser cambiadas y si la uniformidad del producto no puede ser mejorada, entonces puede recurrirse a una tercera alternativa. Esta es, el producto puede fabricarse y puede inspeccionarse cada uno de sus componentes. Los componentes que cumplan con las tolerancias pueden ser despachados al cliente y los que se excedan de las tolerancias pueden retenerse para volverlos a hacer, o para desechos.

### Aplicaciones de la gráfica de control

Las gráficas de la media y de la amplitud tratadas en este capítulo han sido orientadas hacia el control de calidad. También es posible usar esta técnica para el control de rotación de la mano de obra, ausentismo, índice de accidentes y costos. En cada uno de estos casos el procedimiento es similar. Sin embargo, no nos extenderemos sobre este punto.

Obsérvese que las gráficas de la media y de la amplitud se usan cuando es necesario el control sobre las variables. Las variables son series continuas que pueden ser expresadas como números. Cuando es necesario el control sobre los atributos se usan gráficas de control de tipo distinto. Un atributo implica una situación en la cual son posibles dos condiciones. Por ejemplo, un producto puede ser considerado como aceptable o inaceptable. Puede usarse un "pasa" o "no pasa", o un calibrador de tolerancias, para medir una dimensión con dos resultados posibles: el calibrador ajusta o no ajusta en el artículo que se está probando.

Hasta este punto, se ha tratado el control de calidad estadístico según se relaciona al control de variables. Las gráficas de la media y de la amplitud por lo general se usan para este propósito. Sin embargo, estas gráficas no resultan efectivas para el control por atributos. El control por atributos implica la determinación de si los productos encajan en una de dos clases. Tres ejemplos explicarán el concepto del muestreo por atributos. En la fabricación de focos, el producto terminado se prueba para ver si enciende o no enciende. En la fabricación de textiles, se revisan recortes de tela para ver si se ajustan o no se ajustan al diseño. En muchos lugares, en el procesamiento de la leche, se revisa el producto para ver si contiene por lo menos el 3.6% de grasa o menos. En cada uno de estos tres ejemplos, se determina una de dos condiciones en cada una de las unidades inspeccionadas: aceptable o no aceptable. El tipo de técnica de control que se emplea para el control por atributos está basado en la distribución binomial.

### Control por atributos

En el estudio de las gráficas de la media y de la amplitud se supuso una distribución normal como la base teórica de las técnicas. En cada caso se supuso que las medidas registradas variaban de la media ( $\bar{X}$ ) cuando se usaban gráficas de la media, y de la amplitud media ( $R$ ) cuando se usaban gráficas de amplitud. En el control por atributos, la distribución está basada en la proporción de unidades defectuosas y aceptables. Una distribución basada en tales proporciones se conoce como *distribución binomial* y se presenta en la Fig. 16-15.

Como en el caso de la distribución normal, pueden determinarse los límites en una distribución binomial si se conocen dos medidas: primera, la proporción media de piezas defectuosas  $p$ , y segunda, el error estándar de la proporción  $\sigma_p$ . Dadas estas medidas, el área de abajo de una curva que corresponde a más o menos uno, dos y tres errores estándar de la proporción a partir de la media son el 68.27%, el 95.45% y el 99.73%, respectivamente. La proporción media puede ser determinada calculando la media aritmética de las

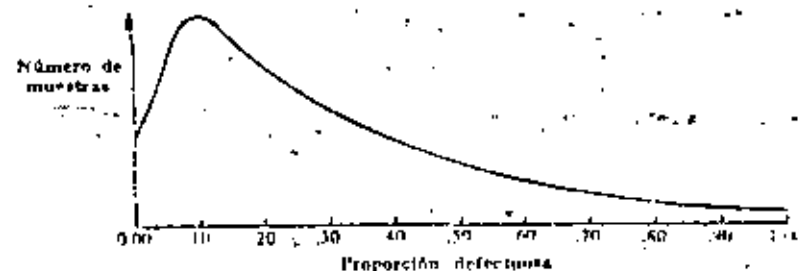


Fig. 16-15

proporciones de la muestra. El error estándar de la proporción puede calcularse usando la ecuación siguiente:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

donde  $\sigma_p$  = error estándar de la proporción,  
 $p$  = proporción media,  
 $n$  = tamaño de la muestra.

Un ejemplo aclarará estas relaciones. Supóngase una proporción media del 20% de piezas defectuosas y un tamaño de muestra de 100 unidades. El error estándar de la proporción se calcula en la forma siguiente:

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \sqrt{\frac{(0.20)(1.00 - 0.20)}{100}} \\ &= \sqrt{\frac{(0.20)(0.80)}{100}} \\ &= \sqrt{\frac{0.1600}{100}} \\ &= \sqrt{0.0016} \\ &= 0.04 \end{aligned}$$

La distribución de las proporciones y de las áreas correspondientes abajo de la curva se muestran en la Fig. 16-16.

El examen de la figura revela que la gama de proporciones y el porcentaje de las muestras que tienen estas proporciones de defectos son como sigue:

Gama esperada de proporciones de defectos	Porcentaje de muestras
0.16 to 0.24	= 68.27
0.12 to 0.28	= 95.45
0.08 to 0.32	= 99.73

Los mismos comentarios que se aplican a las variaciones al azar y a las variaciones asignables, que se estudiaron con anterioridad,

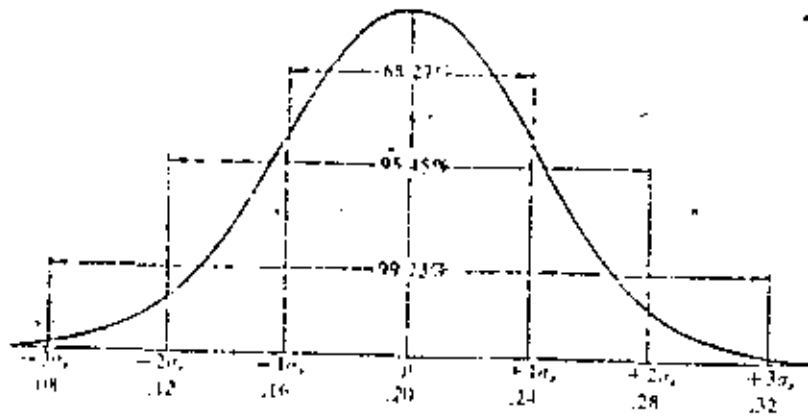


Fig. 16-16

### Aplicaciones de las gráficas p

En la mayoría de las industrias de transformación, la condición final será aquella en la cual el porcentaje defectuoso sea zero. Sin embargo, fabricar de manera que no resulten defectos puede no ser económico, o puede indicar que los estándares de las especificaciones son tan amplias que todos los artículos que se producen caen dentro de los límites de control. Por esta razón, la administración y el personal de control de calidad por lo regular fijan un porcentaje máximo de artículos defectuosos que no deben excederse.

La gráfica p se usa en la forma siguiente para el control de calidad. El trazado se hace durante el día para indicar la proporción de artículos defectuosos en muestras tomadas al azar en la línea de producción. En tanto que el trazo de la proporción defectuosa caiga dentro de los límites de control, la producción no se detiene. Cuando se exceden los límites, se debe actuar. Es obvio que el gerente de control de calidad se preocupe cuando la proporción defectuosa crece con rapidez durante el día. Investigará la situación e intentará corregir las causas del problema.

Sin embargo, si disminuye la proporción defectuosa, el gerente de control de calidad estará satisfecho con los resultados. Pero en vez de ignorar la disminución en el porcentaje defectuoso, investigará para descubrir por qué se están produciendo los artículos con menos defectos. Puede encontrar que el proceso se ha mejorado o que la materia prima es de mejor calidad. Cualquiera que sea la causa, puede intentar incorporar esa mejora en el proceso de producción. Esto daría como resultado una proporción media defectuosa que sería menor que la original. En un caso así, el gerente de control de calidad puede encontrar mejoras en la producción que de otra forma hubieran pasado desapercibidas.

### Muestreo de aceptación

El muestreo de aceptación es un método para determinar la calidad de una población o universo a partir de la inspección de una muestra de dicha población. Por lo general los gerentes se interesan en la calidad de un producto cuando pasa por la inspección final. También están interesados en los materiales que otras firmas proporcionan a la compañía. En ambos de estos casos, puede usarse con efectividad el muestreo de aceptación.

Existen varias razones por las cuales los gerentes usan el muestreo de aceptación. La primera de ellas es que una inspección del 100% de todos los productos terminados y de los suministros de entrada es más costosa que la inspección de algunas muestras. La segunda es que ciertas inspecciones requieren la destrucción del artículo que se está probando. Por ejemplo, el fabricante de fast-

se aplican en este caso. Por ejemplo, en más o menos 3 errores estándar de la proporción, la posibilidad de variaciones al azar es de menos de una en cien de la proporción defectuosa de la muestra, que será de menos del 8% o mayor del 32%.

### Gráfica de control para el porcentaje defectuoso

La gráfica de control para el porcentaje defectuoso se conoce como gráfica p. Se construye igual que las gráficas de la media y de la amplitud, con límites de control superior e inferior. La proporción media de artículos defectuosos es el punto en el cual se traza el centro de la línea. La Fig. 16-17 representa una gráfica p para este ejemplo.

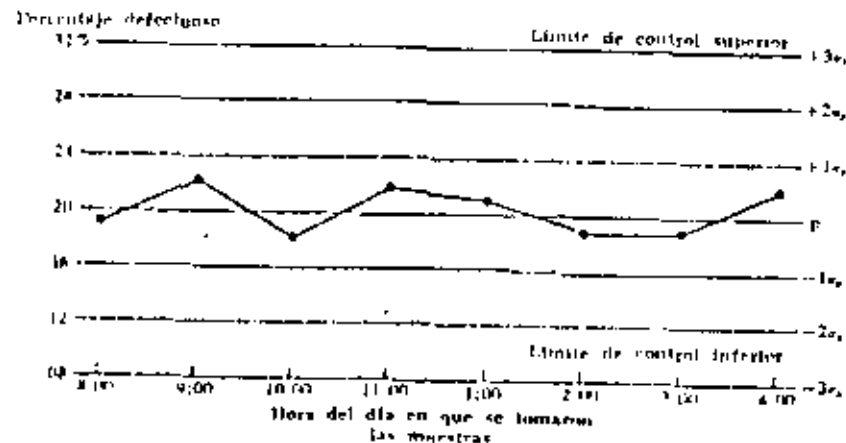


Fig. 16-17

En la Fig. 16-17, los trazos de las proporciones defectuosas durante el día indican que el proceso está controlado y que las variaciones se deben a la casualidad dentro de los límites de control.

bles eléctricos no prueba todos los fusibles que produce para ver si funcionan, ya que destruiría todos ellos en el proceso. Otro ejemplo proviene de la industria para la navegación aeroespacial. Los componentes de los misiles guiados electrónicamente suelen probarse para descubrir los extremos en los cuales funcionarían correctamente. En tales pruebas, los componentes son calentados hasta su destrucción y son sometidos a vibraciones hasta que se deshacen. Nuevamente, tales pruebas destructivas sólo pueden hacerse con muestras del producto y no con todo el lote de los mismos.

La tercera razón es que la inspección del 100% causa aburrimiento y fatiga en el inspector. Si inspecciona todos los productos todo el día y todos los días, es probable que se presenten errores en sus mediciones y en su criterio. El uso de pocas muestras reduce el riesgo de un aburrimiento y fatiga excesivos.

El concepto básico del muestreo de aceptación es que las muestras de productos tomados de una población serán representativos de ese universo o de esa población. La inspección de la muestra proporcionará información que podrá utilizarse para juzgar la calidad del total universo o población, ya sea en términos de variables o de atributos. A continuación se estudiarán cuatro facetas del muestreo de aceptación:

1. Curvas características de operación.
2. Planes de muestreo sencillo.
3. Planes de muestreo doble.
4. Planes de muestreo en secuencia.

**Curvas características de operación.** Una curva característica de operación indica lo bien que una muestra dada haga la distinción entre lotes aceptables e inaceptables. La Fig. 16-18 representa tres curvas características de operación para muestras que contienen cincuenta unidades y para las cuales el nivel de aceptación en términos de porcentaje defectuoso  $C$  es igual al 1, 2 y 3%.\*

Obsérvese que si el nivel de calidad real es 0% defectuoso, la probabilidad de aceptación del lote es de 100%. Por otra parte, si el nivel de calidad real es defectuoso en un porcentaje elevado, la posibilidad de aceptación del lote es muy baja. En otras palabras, si el nivel de calidad de la muestra es muy alto, la compañía aceptará el lote. Si el nivel de calidad es muy bajo, es probable que la compañía lo rechace. Esto se apega al sentido común comercial. Sin embargo, desde el punto de vista del control de calidad se presenta una pregunta en términos de lo que signifique porcentaje alto y porcentaje bajo de productos defectuosos, y probabilidades altas y bajas de aceptación. Las curvas características de operación proporcionan respuestas precisas a esta pregunta.

\* Este índice también se llama  $L_{10}$  (N. del T.)

Un examen de la Fig. 16-18 revelará que a medida que se reduce el porcentaje de defectuosos de tres, a dos, a uno, el plan de muestreo se convierte en más discriminante. En el desarrollo de un plan de muestreo, para el muestreo de aceptación, debe seleccionarse una

Probabilidad de aceptación

Porcentaje

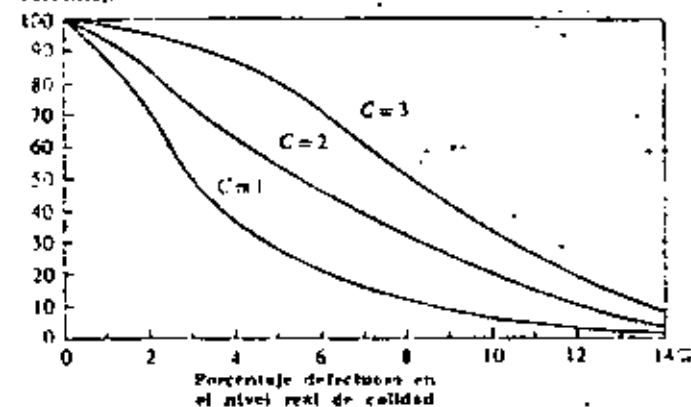


Fig. 16-18

curva característica de operación adecuada. La forma en que esto se hace es que tanto el productor como el consumidor lleguen a una decisión sobre cuatro puntos:

1. ¿Cuál es la proporción defectuosa máxima que hará que el lote sea definitivamente aceptado? Esto se conoce como *nivel de calidad aceptable (NCA)*.
2. ¿Cuál es la proporción defectuosa máxima que hará que el lote sea definitivamente inaceptable? Esto se conoce como *porcentaje de tolerancia de defectos del lote (PTDL)*.
3. ¿Cuál es el porcentaje de riesgo que está dispuesto a aceptar el consumidor de que los lotes aceptados sean en realidad inaceptables? Esto se conoce como *riesgo del consumidor* y se denota por el símbolo beta ( $\beta$ ).
4. ¿Cuál es el porcentaje de riesgo que está dispuesto a aceptar el productor de que los lotes rechazados sean realmente defectuosos? Esto se conoce como *riesgo del productor* y se denota por el símbolo alfa ( $\alpha$ ).

Una vez que estas cuatro preguntas son contestadas por el productor y por el consumidor se puede establecer una curva característica de operación. La Fig. 16-19 proporciona un ejemplo de la curva que fija los puntos siguientes:

- NCA = 1% defectuoso
- PTDL = 8% defectuoso
- $\beta = 10\%$
- $\alpha = 10\%$

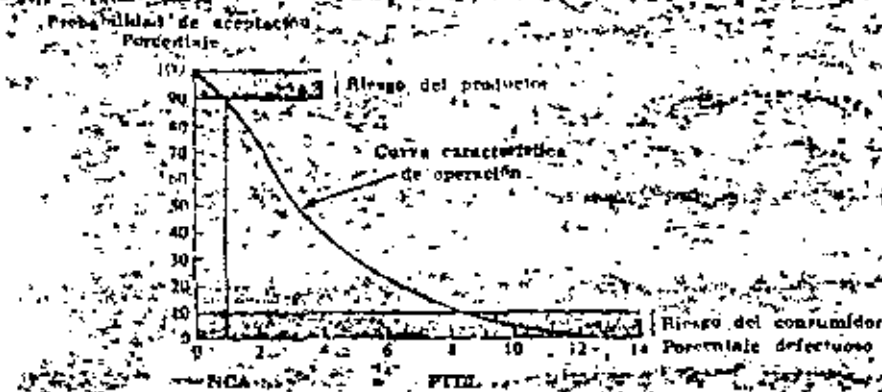


Fig. 16-19

La curva característica de operación de la Fig. 16-19 está tomada de tablas y gráficas estadísticas preparadas. Representa un tamaño de muestra de 50 y un número de aceptación de uno. Por la gráfica puede verse que si la muestra contiene un 1% o menos de defectos, todo el lote será definitivamente aceptado. Si contiene el 8% o más de defectos, todo el lote será definitivamente rechazado. Si la muestra contiene entre el 1% y el 8% de defectos, la probabilidad de aceptación será del orden del 90 al 10%.

**Planes de muestreo sencillo.** En algunas situaciones industriales son efectivos los planes de muestreo sencillo. En el procesamiento de alimentos, los insumos de cosechas de legumbres tienen que ser inspeccionadas mediante muestreo al azar cuando el camión es descargado. Como el producto debe entrar rápidamente a producción debido a que es perecedero, no hay tiempo de tomar varias muestras secuenciales. En esta situación, se determina un porcentaje de defectos o número de defectuosos. Si la muestra indica que el porcentaje o número de defectuosos es menor que el nivel aceptable, entonces se acepta todo el lote. Si el porcentaje o el número de defectuosos es mayor que el nivel aceptable, entonces se rechaza todo el lote o se le da otro destino del que originalmente tenía. El muestreo sencillo conduce a decisiones rápidas, pero las desventajas que presenta incluye la necesidad de muchas muestras y la probabilidad del error inherente al juzgar a todo el lote por una sola muestra.

**Planes de muestreo doble.** Los planes de muestreo doble permiten el uso de menos muestras que en los planes de muestreo sencillo. Con este método, se toma una muestra de la totalidad del lote. Se determina el porcentaje o número de defectuosos. Luego este porcentaje se compara con tres estándares. Si el porcentaje o número de defectuosos es igual o menor al nivel aceptable, se acepta todo el lote. Si el porcentaje o número de defectuosos es mayor al nivel aceptable, pero menor que un nivel superior, entonces se

suspende temporalmente la decisión de aceptarlo o de rechazarlo. Si el porcentaje o número de defectuosos es mayor que el nivel superior de aceptación, entonces se rechaza todo el lote. Por lo tanto, en un muestreo doble existen tres posibilidades después de examinar la primera muestra: aceptación del lote, rechazo del lote o decisión suspendida.

Si el porcentaje o número de defectuosos está entre el nivel de aceptación definitiva y un nivel superior, entonces se toma una segunda muestra. En este punto no existe ninguna frontera dudosa o zona límite. Se emplea un nuevo nivel de aceptación. Si el porcentaje o número de defectuosos es igual o menor a este nivel, el lote es aceptado. Si es mayor, entonces el lote se rechaza. La posibilidad de tomar dos muestras es la que dio origen al nombre de "plan de muestreo doble".

**Planes de muestreo en secuencia.** Los planes de muestreo en secuencia utilizan tamaños de muestra todavía menores a los usados para el muestreo doble. El procedimiento es el mismo que para el muestreo doble, ya que existen tres posibilidades después que se ha determinado el porcentaje o el número de defectuosos: aceptación del lote, rechazo del lote, o decisión suspendida. Si se suspende la decisión, se toma otra muestra y nuevamente existen tres posibilidades. Esto puede continuar con varias muestras hasta que se llega a un punto en el que sólo pueden hacerse dos decisiones posibles: la aceptación o el rechazo del lote. Un ejemplo del muestreo en secuencia se muestra en la Tabla 16-10 y en la Fig. 16-20.

En este ejemplo, es posible que se tomen cinco muestras en secuencia. En el primer ejemplo, si el número de defectuosos es cero, el lote será aceptado. Si el número de defectuosos es uno, dos o tres, se tomaría otra muestra. Si el número de defectuosos es de cuatro o más, el lote será rechazado.

Si se toma una segunda muestra, el lote será aceptado si el número de productos defectuosos en el ejemplo acumulativo es de uno. Si el número de defectuosos es de cinco o más, el lote será rechazado. Si el número de defectuosos es dos, tres o cuatro en el ejemplo acumulativo, se tomaría otra muestra.

Si se toma una tercera muestra, el lote será aceptado si el número de defectuosos en las muestras acumulativas es dos o menos. Si el número es de seis o más, el lote será rechazado. Si es de tres, cuatro o cinco, se tomará otra muestra.

Si se toma una cuarta muestra, el lote será aceptado si el número de defectuosos es de cuatro o menos en las muestras acumuladas. Si se encuentran siete o más, el lote será rechazado. Si se encuentran cinco o seis, se tomará una quinta muestra final.

Si se toma la quinta muestra, el lote será aceptado con siete o menos defectuosos, y será rechazado si tiene ocho o más.

TABLA 16-10

Número de la muestra	Tamaño de la muestra	Número Acumulativo Inspeccionado	NDS Aceptado	ND <sub>2</sub> Rechazado
1	20	20	0	4
2	20	40	1	5
3	20	60	2	6
4	20	80	4	7
5	20	100	7	8

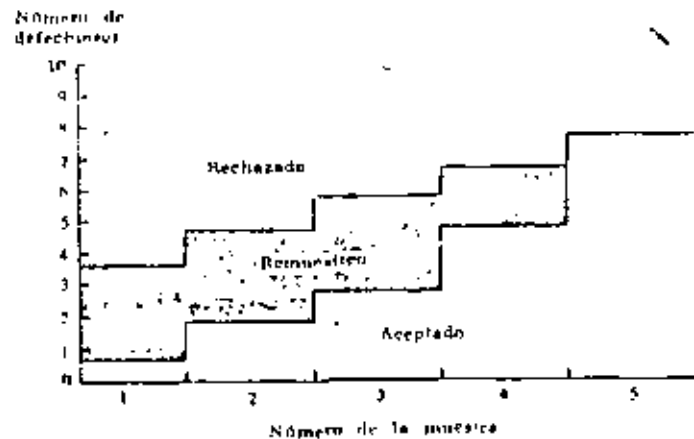


FIG. 16-20

**Tamaño de la muestra.** Aun cuando existen fórmulas de las que se puede disponer que proporcionan tamaños precisos de muestra para su uso en el control de calidad estadístico, la determinación del tamaño de la muestra suele ser cosa de sentido común. La industria utiliza con frecuencia un tamaño de lote de cuatro o cinco unidades para controlar las variables con gráficas de la media y de la amplitud. Suelen usarse tamaños de muestra de cien unidades para el control de los atributos.

En términos generales, la determinación del tamaño de la muestra descansa en la economía de reunir las muestras, en el tiempo disponible para la inspección y la conveniencia de reunir las muestras. En teoría, todos los métodos que se presentan en los capítulos sobre el control de calidad estadístico descansan en el muestreo al azar. Por lo tanto, cada una de las unidades producidas debe tener una oportunidad igual de ser seleccionada para muestra. En alguna situación industrial esto puede no ser posible. A medida que los productos se desplazan por la línea de montaje, un inspector puede elegir un punto cada hora o cada media hora. El mantenimiento de la casualidad puede interferir con su ciclo de trabajo y con los ciclos de trabajo de los operadores de las máquinas.

En último análisis, debe hacerse notar que mientras más grande sea el tamaño de la muestra serán más representativos los resultados que se obtengan de las características de la población o universo. Aun cuando son de desear tamaños de muestras más grandes, es más costoso reunirlos y revisarlos. Por lo tanto, debe buscarse un término medio para mantener los costos del control de calidad en un nivel aceptable.

**Frecuencia del muestreo.** La frecuencia con la que deben sacarse las muestras es otro asunto que suele ser manejado usando el criterio y el sentido común en vez de fórmulas. Si el proceso parece estar controlado por el análisis de los datos de las muestras, y esta situación ha permanecido constante por varias semanas, es factible que el gerente de control de calidad tome menos muestras. Si su programa ha sido tomar una muestra cada media hora, puede elegir tomar una en la mañana y otra en la tarde, siempre que las condiciones permanezcan estables.

Por otra parte, si el proceso parece estar quedando fuera de control, puede decidir tomar muestras con más frecuencia o incluso revisar todos los artículos que se producen para darse cuenta de lo rápido que está quedando el proceso fuera de control y por qué está sucediendo eso. El muestreo frecuente es conveniente desde el punto de vista del control de calidad, pero cuesta más que un muestreo poco frecuente. En consecuencia, debe buscar un término medio en términos de la frecuencia con la que deben tomarse las muestras. Este término medio debe rendir nivel de control de calidad aceptable a un costo moderado.

## PREGUNTAS DE REPASO

- ¿Cuál es la diferencia entre inspección y control de calidad?
- ¿Cuáles son los tipos de acciones que pueden ejercerse para que los productos cumplan con las especificaciones?
- Defina los términos siguientes:
  - Población.
  - Muestra.
  - Muestra al azar.
  - Ordenamiento.
  - Distribución de frecuencias.
  - Distribución normal.
- Explique la ley de la probabilidad y la ley de los grandes números.
- ¿Cómo calcula lo siguiente?
  - Media aritmética.
  - Mediana.
  - Modo.
  - Amplitud.
  - Desviación estándar.

6. Explique las relaciones entre la media, la mediana y el modo en una distribución errática a la izquierda.
7. ¿En qué forma difiere la medición de una dispersión de la medida de una tendencia central?
8. ¿Qué porcentaje de la curva normal existe entre más o menos 1, 2 y 3 desviaciones estándar, respectivamente?
9. ¿Cómo se construye la gráfica de la media?
10. ¿Cómo se construye la gráfica de la amplitud?
11. ¿Cuál es la diferencia entre variación al azar y variación assignable? ¿Cuál es la importancia de esta distinción desde el punto de vista del control de calidad?
12. ¿Por qué es solo el límite inferior mínimo en una gráfica de amplitud esto, en tanto que el límite inferior de control de una gráfica de la media puede ser un número negativo?
13. ¿Cómo se usan las tablas  $u$ , y  $d$ , en la construcción de las gráficas de amplitud?
14. ¿Por qué deben usarse juntas las gráficas de la media y de la amplitud para un control de calidad efectivo?
15. ¿Cuál es la diferencia entre los errores de tipo I y de tipo II? ¿Qué circunstancias conducen a cometer esos errores en el control de calidad?
16. ¿Cuál es la diferencia entre los límites de control estadístico y los límites de tolerancia?
17. Si los límites de control estadístico exceden a los límites de tolerancia, ¿qué alternativas existen para anular el problema?
18. ¿En qué forma difiere el control sobre variables del control sobre atributos?
19. ¿Cuál es la distribución binomial?
20. ¿Cómo se construyen y usan las gráficas  $p$ ?
21. ¿Cuál es el muestreo de aceptación? ¿Por qué se usa en la industria?
22. ¿Qué es una curva característica de operación?
23. Describa la diferencia entre los planes de muestreo sencillo, de muestreo doble y de muestreo en secuencia.
24. ¿Cuáles son los factores que afectan a la elección del tamaño de la muestra?
25. ¿Cuáles son los factores que afectan a la frecuencia del muestreo?

### PREGUNTAS PARA ESTUDIO

1. ¿Cómo podría usarse el control de calidad estadístico para determinar el tipo de acción correctiva que podría ser necesaria para poder controlar un proceso?
2. Con un grupo de personas, principie a lanzar monedas al aire, registrando el número de caras o cruces resultantes. Una vez que haya registrado 200 lanzamientos, determine el porcentaje de veces que aparecieron "caras". ¿En qué otro tipo de situaciones ha visto operar a la ley de la probabilidad?
3. Presente situaciones en las cuales usted elegiría como la mejor medida de la tendencia central:
  - a. La media aritmética.
  - b. La mediana.
  - c. El modo.
4. ¿Qué tipo de situaciones ha observado en la cual los datos, trazados en forma de distribución de frecuencias, formaron una curva normal? ¿Qué tipo de situaciones tenderían a producir una curva asimétrica?
5. ¿Qué tipos de situaciones podrían tender a producir distribuciones con dos o más valores modales?

6. Supóngase que se enfrenta al problema de límites de control estadístico que excedan los límites de tolerancia. Si sabe que los ingenieros han hecho a propósito límites de tolerancia excesivamente estrechos como "factor de molestia", ¿cómo haría para que cambiaran las tolerancias? ¿Cuáles son los factores humanos que deben considerarse en esta situación?
7. ¿En qué tipos de productos podría pensar en los cuales el porcentaje defectuoso necesitaría ser controlado por gráficas  $p$ ?
8. ¿En qué tipo de situaciones industriales quedaría satisfecho al usar lo siguiente?
  - a. Planes de muestreo sencillo.
  - b. Planes de muestreo doble.
  - c. Planes de muestreo en secuencia.

### PROBLEMAS

1. Ha pedido que se le suministren barras de acero sobre una base continua y durante varias semanas. Especificó que el diámetro medio sería de 1.52 plg, más o menos 0.40 plg de tolerancia. Si por experiencia ha encontrado que este límite de tolerancia representaba el 95.45% de los casos en las muestras, ¿cuál sería el límite de control superior e inferior si mantuviera el nivel de aceptación a más o menos una desviación estándar? ¿Cuáles serían los límites de control superior e inferior si se disminuyera el nivel de aceptación a más o menos una desviación estándar?
2. Dada una amplitud media de 8 lb y sabiendo que una desviación estándar de la amplitud es igual a 3 lb, conteste lo siguiente:
  - a. ¿Cuál es el LCS y el LCI al nivel de 99.73%?
  - b. ¿Cuál es el LCS y el LCI al nivel del 95.45%?
3. Calcule la media, la mediana, el modo y la amplitud en pulgadas, dados los datos siguientes:

Longitud (plg)	Número de unidades
120	40
121	20
122	30
123	10

4. Dada una amplitud media de 4 plg y una desviación estándar de la amplitud de 2 plg, ¿cuáles son los límites de control superior e inferior al nivel de 99.73%?
5. Partiendo de los datos que siguen, forme un arreglo y trace la distribución de frecuencias en forma de histograma. Las preguntas que siguen se refieren a este arreglo y distribución.
 

Dado	4	6	7	5	4
a. ¿Cuál es la media?					
b. ¿Cuál es la mediana?					
c. ¿Cuál es el modo?					
d. ¿Cuál es la amplitud?					

6. Dados los datos siguientes, que representan medianas de muestras tomadas de muestras individuales de 100 unidades cada una, determine las líneas centrales y los límites de control superior e inferior en tres desviaciones estándar (o errores estándar) para la media, la amplitud y el porcentaje de defectos.

26



Tiempo de la toma	Mediana de la muestra (oz)	Amplitud de la muestra (oz)	Porcentaje de defectos
8:30	10	4	20
9:30	11	5	19
10:30	10	4	20
11:00	9	3	21
11:40	12	4	20
1:20	10	4	20
2:10	8	6	21
3:00	10	2	19
3:40	10	4	20
4:30	10	4	20

7. ¿Cuáles son los límites de control superior e inferior para la media, la amplitud y las gráficas p, dado lo siguiente (use las desviaciones o errores estándar)?

$$\bar{X} = 31 \text{ oz} \quad \bar{R} = 4 \text{ oz} \quad \bar{p} = 5\%$$

$$\sigma = 4 \text{ oz} \quad \sigma_R = 2 \text{ oz} \quad \sigma_p = 2\%$$

8. Usando la tabla d, construya una gráfica de la amplitud con los siguientes datos:

Cantidad de la muestra = 15  
 valor  $k_1 = 3.472$   
 valor  $k_2 = 0.738$   
 Desviación estándar de la media = 4 plg.

a. Fije los límites de control superior e inferior a un límite de confianza del 95.45%.

b. Trace las siguientes amplitudes de muestra:

8:00 = 10 plg	1:00 = 6 plg
9:00 = 7	2:00 = 3
10:00 = 4	3:00 = 4
11:00 = 5	4:00 = 5

c. ¿Qué conclusiones saca desde el punto de vista del control de calidad?

9. Suponga que se le ha pedido que implante un sistema de control de calidad para una industria de transformación. Tendrán que aplicarse controles a las máquinas que producen varillas de metal. Como parte del trabajo cuenta con los siguientes datos relativos a la producción pasada de partes, tomados a intervalos de una hora durante las semanas pasadas.

Media (plg)	Amplitud (plg)	Media (plg)	Amplitud (plg)	Media (plg)	Amplitud (plg)	Media (plg)	Amplitud (plg)
.500	.490-.510	.501	.498-.505	.502	.495-.507	.500	.488-.512
.501	.492-.508	.501	.496-.506	.500	.497-.503	.499	.496-.504
.499	.491-.509	.500	.498-.502	.497	.492-.501	.501	.493-.508

Media (plg)	Amplitud (plg)	Media (plg)	Amplitud (plg)	Media (plg)	Amplitud (plg)	Media (plg)	Amplitud (plg)
.500	.497-.501	.498	.492-.508	.501	.496-.506	.500	.495-.507
.498	.489-.506	.499	.495-.506	.499	.489-.508	.500	.493-.508
.497	.490-.512	.502	.496-.509	.497	.492-.506	.497	.492-.506
.502	.496-.506	.500	.489-.511	.502	.498-.507	.501	.494-.510
.501	.499-.501	.498	.492-.508	.500	.496-.504	.499	.496-.504
.500	.489-.508	.501	.497-.504	.499	.491-.507	.498	.492-.508
.500	.492-.506	.500	.498-.503	.501	.497-.508	.500	.494-.506
.502	.489-.511	.502	.499-.506	.500	.495-.505	.501	.496-.504
.499	.491-.508	.499	.495-.504	.500	.495-.505	.500	.493-.507
.497	.495-.509	.497	.493-.501	.499	.494-.503	.498	.495-.502
.501	.493-.504	.502	.497-.506	.498	.492-.505	.499	.493-.507
.500	.496-.503	.499	.495-.502	.500	.490-.510	.497	.496-.501
.502	.493-.508	.500	.494-.506	.502	.493-.508	.503	.490-.510

- ¿Cuál es la dimensión media de las medias de muestra?
- ¿Cuál es la dimensión de la mediana de las medias?
- ¿Cuál es la dimensión del modo de las medias?
- ¿Cuál es la amplitud de las dimensiones de la media?
- ¿Cuál es la media de las amplitudes?
- ¿Cuál es la desviación estándar de las dimensiones de la media?
- Construya una gráfica de la media con LCS y LCI en  $\pm$  dos desviaciones estándar.
- Construya una gráfica de la amplitud con LCS y LCI en  $\pm$  dos desviaciones estándar.
- Trace los siguientes datos tomados a intervalos de una hora después de poner en uso las gráficas de control e indicar cuáles son las ramificaciones de la situación desde el punto de vista del control de calidad.

Hours	Media (plg)	Amplitud (plg)
8:00	.500	.490-.510
9:00	.498	.491-.506
10:00	.502	.496-.506
11:00	.504	.498-.508
1:00	.501	.499-.510
2:00	.506	.498-.512
3:00	.507	.500-.513
4:00	.508	.500-.512
5:00	.508	.501-.513

**LECTURAS COMPLEMENTARIAS**

Howler, A. H., and G. L. Liberman. *Handbook of Industrial Statistics*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, Inc., 1955.

Burr, I. W., *Engineering Statistics and Quality Control*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1953.

- Cowden, D. J., *Statistical Methods in Quality Control*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, Inc., 1957.
- Duncan, Acheson J., *Quality Control and Industrial Statistics*, 3rd ed. Homewood, Ill.: Richard D. Irwin, Inc., 1965.
- Finck, N. L., *Quality Control*, 5th ed. New York: Industrial Press, Inc., 1966.
- Feygenbaum, A.V., *Control Total de la Calidad*. México: Cía. Editorial Continental, S.A., 1967.
- Grant, E.L., *Control de Calidad Estadístico*. México: Cía. Editorial Continental, S.A., 1970.
- Hansen, B., *Quality Control*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, Inc., 1963.
- Heide, John D., *Industrial Process Control by Statistical Methods*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1952.
- Juran, J. M., ed., *Quality Control Handbook*, 2nd ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1963.
- Lawlers, Richard R., *Reliability and Product Assurance*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, Inc., 1963.
- Schroek, Edward M., *Quality Control and Statistical Methods*. New York: Reinhold Publishing Corp., 1957.

m  
de  
el  
de  
el  
to  
sa  
ne  
au

ce  
es  
cil



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

**ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION**

**ESTIMACION DE COSTOS**

**PROF. M. EN A. JUAN JOSE DIMATTEO C.  
27,28,29 DE OCTUBRE, 1983**

C O S T O S

Toda empresa industrial necesita calcular de una manera u otra sus costos unitarios de fabricación. Ello implica no solamente calcular el costo de los productos fabricados sino también el de los productos en proceso.

Calcular costos sirve para:

- 1.- Valorizar inventarios (de productos terminados y de productos en proceso) y por lo tanto poder cerrar balance.
- 2.- Como consecuencia de lo anterior, es necesario calcular -- los costos unitarios de fabricación para poder calcular el costo de las mercaderías vendidas y realizar el Estado de Resultados.
- 3.- Ayudar a fijar precios de venta.
- 4.- Para la toma de decisiones. Por ejemplo costos por departamento, costos por producto y medir Eficiencia a través de estos costos. El sistema ideal para esto son los costos -- estándares. Un sistema de costos estándares consiste en -- predeterminar los costos de fabricación y posteriormente -- controlar si los costos reales coinciden con los que tendrían que ser trabajando eficientemente.
- 5.- Estimar la rentabilidad de los diferentes productos. Si -- conocemos los precios de venta y los costos unitarios de los diferentes artículos de la línea de productos que manejamos, podremos estimar cuales son los más rendidores y cuanto está rindiendo la máquina.

En los costos hay cierta nomenclatura especial que vamos a analizar. Veamos como se compone el precio de venta.

PRECIO DE VENTA DE UN PRODUCTO POR EL SISTEMA DE ABSORCION  
(O INTEGRAL)

El costo de fabricación se compone de tres elementos: Mano - obra directa, materia prima y gastos generales de fabricación, prorrateados sobre la unidad de producción. La M.O.D. es todo el trabajo de los operarios directamente afectados a la producción.

La M.P. es todo lo que compone el producto, incluyendo envases, huacales, etc.

Los G.G.F. incluyen todos los demás gastos fabriles. Una lista de los G.G.F. más comunes son: materiales indirectos, depreciaciones, sueldos, seguros, mantenimiento, iluminación, papelería, etc.

Entonces la suma de estos tres elementos se llama Costo de Fabricación. La diferencia entre el C. de F. y el precio de venta se llama Utilidad Bruta Unitaria.

Ahora bien, además de los gastos de fabricación existen los demás gastos de la empresa: gastos de administración, gastos de ventas, gastos financieros.

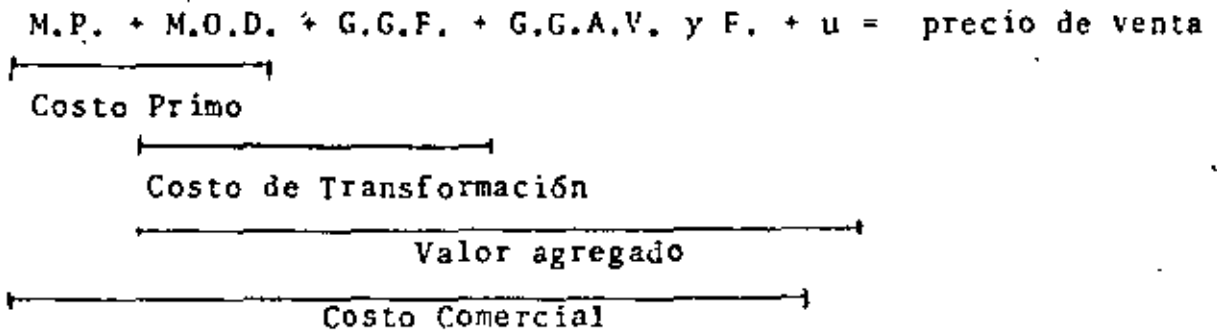
Para llegar al costo total es necesario prorratear sobre el producto todos estos gastos que llamaremos gastos generales de Administración, Ventas y Finanzas (G.G.A.V. y F.)

La suma del C.F. y los G.G.A.V. y F. se llama costo comercial.

La diferencia que hay entre el costo comercial y el precio de venta se llama utilidad unitaria. A la suma de la M.P. más M.O.D. se le llama costo primo.

A la suma de la M.O.D. más los G.G.F. se le llama costo de transformación y en macroeconomía al valor que va desde el costo de M.P. y el precio de venta, se le llama valor agregado.

Es todo lo que se le agrega a la M.P. para dar un producto terminado y vendido.



PRECIO DE VENTA DE UN PRODUCTO. (SISTEMA DE COSTEO DIRECTO)

Se diferencia del anterior por la forma en que trata la parte fija de los G.G. Fabricación. Los G.G.F. los divide en fijos y variables.

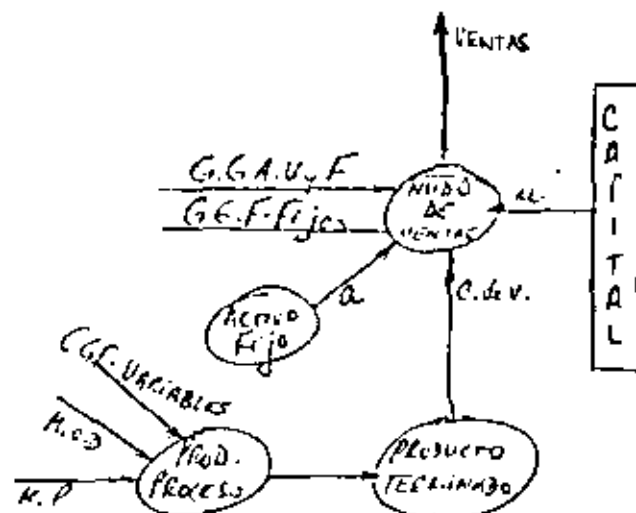
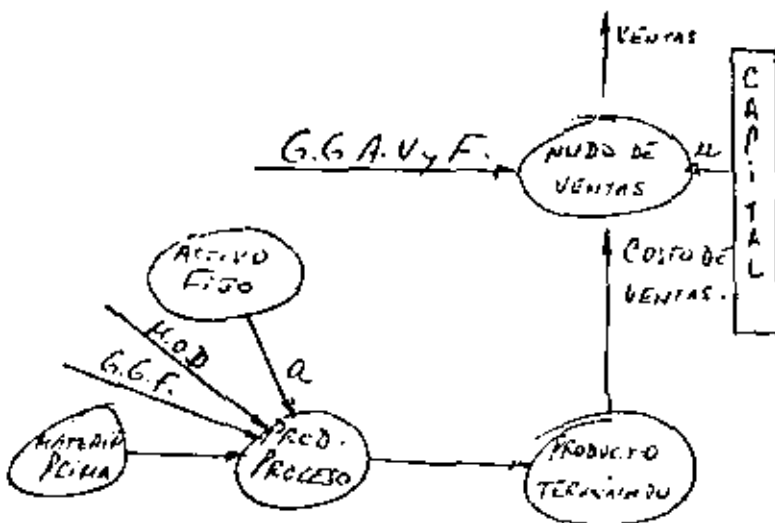
Un gasto es variable cuando crece con el volumen de producción. Por ejemplo dentro de los G.G.F. los combustibles son gastos -- variables. Si se produce más, se gasta más.

Un gasto es fijo cuando no crece al crecer la producción por --- ejemplo: sueldos, amortizaciones.

Veamos gráficamente cuál sería la diferencia entre un sistema y otro.

Costeo de Absorción

Costeo Directo



En el primer sistema de costeo los G.G.F. Fijos forman parte -- del costo de fábrica. En el segundo no.

En el costeo directo la M.P. la M.O.D. y los G.G.F. variables -- forma lo que se llama COSTO DIRECTO.

Lógicamente a largo plazo los dos Sistemas tienen que dar el -- mismo costo total.

Veamos un ejemplo numérico para aclarar las diferencias.

Un producto tiene un costo directo de \$ 10.00 (M.P. + M.O.D. + G.G.F. variables).

G.G.F. Fijos = 10,000 \$/mes  
 G.G.A.V. y F. = 3,000 \$/mes  
 Precio de venta = 40 \$/unidad  
 Volumen de ventas (Q) = 500 unidades/mes

Hacemos 6 tablas, seis cuadros demostrativos de ganancias y -- pérdidas. Supondremos producciones inferiores a las ventas, -- iguales y mayores.

	P = 400 u/mes Q = 500 u/mes	P = 500 u/mes Q = 500 u/mes	P = 1000 u/mes Q = 500 u/mes
<b>A</b>	$cf = 10 + \frac{10000}{400} = 35$	$cf = 10 + \frac{10000}{500} = 30$	$cf = 10 + \frac{10000}{1000} = 20$
<b>B</b>	$V = 500 \cdot 40 = 20000$	$V = 500 \cdot 40 = 20000$	$V = 500 \cdot 40 = 20000$
<b>S</b>	$CdeV = 35 \cdot 500 = 17500$	$CdeV = 500 \cdot 30 = 15000$	$CdeV = 500 \cdot 20 = 10000$
<b>O</b>	Ut.Bruta 2500	Ut.Bruta 5000	Ut.Bruta 10000
<b>R</b>	GGAVyF 3000	GGAVyF 3000	GGAVyF 3000
<b>C</b>	Utilid.Neta -500	Util.Neta 2000	Util.Neta 7000
<b>D</b>	$V = 500 \cdot 40 = 20000$	$V = 500 \cdot 40 = 20000$	$V = 500 \cdot 40 = 20000$
<b>I</b>	Costo Directo	Costo Directo	Costo Directo
<b>E</b>	de $V = 500 \cdot 10 = 5000$	de $V = 500 \cdot 10 = 5000$	de $V = 500 \cdot 10 = 5000$
<b>C</b>	Contribución 15000	Contribuc. 15000	Contribuc. 15000
<b>T</b>	GGFP 10000	GGFP 10000	GGFP 10000
<b>O</b>	GGAVyF 3000	GGAVyF 3000	GGAVyF 3000
	Utilid.Neta 2000	Util.Neta 2000	Util.Neta 2000

El costo unitario de fabricación  $C_f$ , para el costeo de absorción es:

$$C_f = \text{Costo directo} + \text{prorrateso de los gastos fijos de producción.}$$

La conclusión es la siguiente: en el costeo directo la utilidad es función solamente de las ventas  $U = f(v)$  y no de la producción.

Este cuadro muestra el problema que puede acarrear el uso del sistema de costeo por absorción, cuando no se es consciente de lo que está pasando. Todos tendemos a producir a toda capacidad con el objeto de bajar costos. Pero si no estamos vendiendo lo que producimos, lo que hacemos es cargar financieramente a la empresa.

Este es un caso que se dió en la recesión de fines de 1975. Una empresa estableció como política el producir mucho pese a que sus ventas eran sustancialmente inferiores. Sus pérdidas no se reflejaban inmediatamente.

Debemos tener presente que en los mercados competitivos el gran problema no es fabricar sino vender. En consecuencia el Sistema de Costeo Directo es más realista que el de Absorción. Da las utilidades en función de las ventas únicamente.

Esta clasificación de los Sistemas de Costeo está hecho en función del tratamiento dado a los G.G.F. Fijos.

Puede hacerse otra clasificación en función del momento en que se determinan los costos.

Aparecen así los costos históricos y los costos estándares o predeterminados.

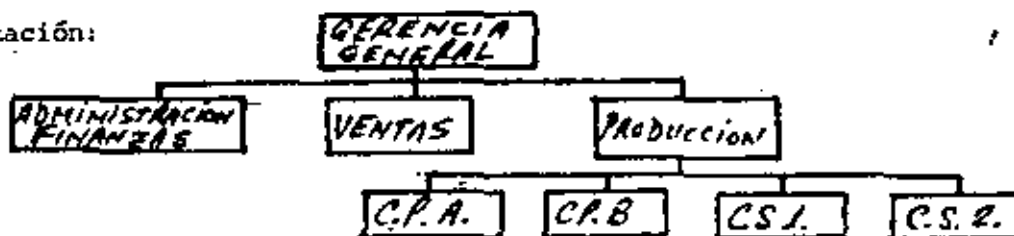


En los costos históricos lo que se busca es determinar de una manera racional lo que costó históricamente, durante un período, la fabricación de un determinado producto. El método consiste en prorratear los G.G.F. sobre los productos producidos. (Las M.P. y los M.O.D. se cargan a cada orden, como se verá posteriormente).

El prorrateo de los G.G.F. se hace en dos etapas:

- 1.- Se prorratean los gastos de todo tipo entre los diferentes centros productivos y de servicio de la fábrica.
- 2.- Se prorratean esos gastos así acumulados por centro, sobre la producción.

Veamos la primera etapa: Supongamos que una empresa pequeña tenga la siguiente organización:



Es decir que del jefe de fabricación dependen cuatro sectores. El centro productivo A (CPA) el centro productivo B (CPB), el centro de servicios I (CSI) y el centro de servicios 2 (CS2).

Entonces todos los gastos generales de fabricación (G.G.F.) deben prorratearse entre esos cuatro centros.

Veámos cómo se hace:

Mano de Obra Indirecta: Se hace un análisis en función de las tarjetas de asistencia y los partes diarios de trabajo.

Los sueldos que hay que prorratear (por ejemplo el del gerente de producción) se hacen sobre la base del tiempo que le dedica a cada centro.

Materiales Indirectos: También es sencillo dado que puede hacerse a través de los vales de almacén.

Depreciaciones: En general las máquinas están ubicadas claramente en los diferentes sectores. La depreciación de los edificios en base al área ocupada por cada uno de los diferentes sectores. Los automotores en función de quien los usa.

Energía Eléctrica: En función de la capacidad instalada o poniendo medidores en cada centro. También puede hacerse en función de un coeficiente determinado previamente sobre alguna base técnica. Con los combustibles no hay problemas pues se usan en centros bien determinados.

La etapa siguiente es la redistribución de los gastos de los Centros de Servicio sobre los Centros Productivos. Lo que hay que distribuir son los G.G.F. (La M.P. y M.O.D. va sobre los C.P. en las diferentes órdenes).

Para ello se hace una tabla como la siguiente:

CPA	CPB	CS1	CS2
12,1	17,1	3,1	5,8
2,6	2,4	0,8	(5,8)
14,7	19,5	3,9	0
2,0	1,9	(3,9)	
16,7	21,4	0	

Una vez que se totalizaron todos los cargos sobre CPA, CPB, CS1 y CS2, obtenemos los datos de la primera fila.

Entonces la redistribución consiste en prorratear los G.G.F. de los CS sobre los CP para lo cual se recurre al arbitrio de tomar uno de los C.S., en general el que da más y recibe menos, para comenzar y en base a algún criterio, dividir el servicio prestado por ese centro entre los demás CS y los C.P.

Avanzamos en el proceso hasta conseguir acumular en los CP todos los G.G.F., tanto los propios como los de los CS. En definitiva, toda la producción que pasó por C.P.<sup>B</sup>A debe absorber \$21,4 millones.

La segunda etapa consiste en prorratear los gastos resultantes sobre los CP sobre las órdenes en particular o sobre los distintos productos.

Para ello existen dos grandes sistemas de costeo

- a) Costeo por Órdenes de trabajo
- b) Costeo por Proceso

a) Sistema de Costeo por Órdenes de trabajo.-

En esencia consiste en acumular los costos en base a cada orden de trabajo específico. Para ello se utilizan las llamadas hojas de costos que acumulan toda la información sobre costos de la orden que se está procesando.

En la parte inferior de la hoja se reserva un lugar para hacer lo que se llama cierre de la orden ya que cuando se concluyó la orden, se puede tener todo lo que costó y también cuanta producción salió y, por lo tanto, calcular el costo unitario real de la orden.

Entonces se abre una hoja de costos para cada orden donde se van cargando las M.P, la M.O.D y los G.G.F que le corresponde absorber.

Con las MP no hay problemas pues con los vales de almacén, se sabe para que orden son. Con la M.O.D tampoco hay problema pues con las hojas de reporte de trabajo y las tarjetas de asistencia, se va cargando.

Donde aparecen los problemas es con los G.G.F. Supongamos que ya tenemos prorratedados sobre los C.P. los G.G.F propios y los que vienen de los C.S.

Supongamos que tenemos \$16,700. y supongamos que se trabajaron 10,000 Hs. de M.O.D.- Entonces sacamos una tasa, haciendo el cociente, de 1.670 \$/hora de M.O.D.- Veámos la forma de la hoja de costos para darnos cuenta de como vamos cargando los G.G.F. de acuerdo a la tasa. Ello nos permite valorizar las órdenes de trabajo, tanto terminadas como en proceso.

H O J A D E C O S T O S

FECHA	ORDEN #
NOMBRE	CLIENTE
DESCRIPCION	PRECIO DE VENTA
A TERMINAR	FECHA FINALIZACION
COSTO ESTIMADO	

Materiales			M.O.D.			G.G.F.				
Fecha	Vale #	Importe.	Fecha	Tarjetas #	Importe.	Fecha	Centro	Hs.	Tasa	Importe

Es decir que el método absorbe los gastos reales, sobre el trabajo real, en base a una tasa histórica.

Esto de la tasa histórica presenta algunos inconvenientes como que hay que esperar mucho para determinarla y por ello suele recurrirse a una tasa normalizada de gastos. Es decir se hace un estudio técnico para determinar lo mas exactamente posible la cantidad de Hs. hombre y los gastos generales normales y con ello se estandariza una tasa.

Esto es en términos generales lo que se hace en el costeo por órdenes. Cuando se cierra el período se hace una hoja resumen del ESTADO DE PRODUCCION donde se consigna como evolucionaron las órdenes de trabajo.

## ESTADO DE PRODUCCION.- Mayo 1978.

Orden #	P. en P. (1)	M.P. (2)	M.O.D. (3)	G.G.F. (4)	P. en P. al 31 de Mayo	P. Terminado en Mayo
325	1,820	200	1,540	2,310	5,870	
329	3,760	==	720	1,080		5,560
352	4,605	300	830	1,950	7,685	
Totales	10,185	500	3,090	5,340	13,555	5,560

La columna No. 1 se obtiene como la suma de las hojas de costos hasta el 30 de abril. La columna 2 es la cantidad en pesos de M.P. que se agregó durante Mayo. La 3 es la M.O.D. agregada durante Mayo. La 4 es lo que se agrega de G.G.F.

El costo total suma de las columnas 1,2,3 y 4, para cada orden, se lleva a la columna 5 si aún no se ha terminado la producción ó a la columna 6 si la orden se ha terminado durante Mayo.

COSTEO DE PROCESO: El sistema que acabamos de ver (por órdenes) es apropiado para aquellos procesos productivos que tengan lotes bien definidos. O sea que se adopta para producciones discontinuas, de muchos productos. El costeo por proceso es más apropiado para producciones de tipo continuo. El caso ideal de aplicación sería un proceso químico de un solo producto que va pasando por diferentes etapas en su proceso productivo. Por ejemplo; la producción de cemento.

Lo que se hace en estos casos es hacer una especie de contabilidad en cada centro de costos acerca de lo que hay, tanto en unidades como en dinero a principio del mes, lo que entra a ese sector durante el mes, y lo que sale y queda a fin de mes.

## 11.

En idea, el sistema es bastante simple, se tiene por una parte el estado inicial en cada centro de costos. Se ve todo lo que se le agrega en concepto de M.P, M.O.D. y G.G.F. y se calcula el total de lo que se dispone, luego se ve lo que queda y por lo tanto se sabe que es lo que se transfiere al proceso siguiente, tanto en cantidades como en dinero y así se continua con todos los centros. En el curso del cálculo es fácil calcular los distintos costos unitarios.

## COSTOS ESTANDARES

El sistema de Costos Estándares consiste en establecer los costos unitarios de fabricación de los artículos obtenidos en cada centro productor, previamente a su fabricación, basándolos en los métodos más eficientes de elaboración y relacionándolos con un volumen dado de producción.

De la definición surgen tres conceptos claros:

1. Se establecen "previamente a la fabricación". Esto es fundamental para dar precios orientativos de venta. Además nos orienta respecto al costo de las futuras operaciones. O sea que estamos avizorando el mañana.
2. Están basados "en los métodos más eficientes de elaboración". Es decir que estamos excluyendo todo tipo de ineficiencias. Se debe destacar que los estándares, tanto los físicos como los de trabajo no representan la perfección, el ideal, sino la mejor manera conocida en un momento dado, de elaborar un artículo.
3. "Relacionándolos con un volumen dado de producción". Los gastos fijos al repartirse sobre producciones diversas, darán origen a diferentes costos unitarios. Por lo tanto, debemos determinar el volumen de producción normal que sirve de base para el reparto.- Mensualmente, por medio de comparaciones entre los desembolsos reales en cada centro (recopilados en la contabilidad) y los costos estándares absorbidos por la producción realizada en cada uno de ellos, se determina la Eficiencia con que operó la planta. Esta medición de los resultados es el objetivo principal del costo estándar. (El asunto de ayudar a determinar precios de venta es secundario).

"Un Sistema de Costos Estándar permite al gerente de planta conocer todo lo que ocurre en ella sin salir de su propia oficina!"

### 2. Tipos de Empresas donde pueden aplicarse

El ámbito más adecuado para su aplicación son las plantas de proceso continuo. En empresas que trabajan por órdenes el costo estándar puede llegar a ser muy oneroso puesto que no solo obliga a presupuestar racionalmente cada orden de fabricación, sino que exige el conocimiento del costo histórico de cada trabajo para poder analizar el resultado de las operaciones.

Pero no debe pensarse que cualquier fábrica que opere por procesos es campo de aplicación de los costos estándares. El sistema debe apoyarse en una organización técnica muy buena a través de lo cual pueda disponerse de especificaciones completas de cada producto en cuanto a tipo de insumos de materiales, rendimientos de mano de obra, capacidad productiva de equipos, etc.

### 3. Requisitos para su implantación

Se deberán satisfacer una serie de exigencias previas:

- A. Departamentalización de la empresa
  - B. Creación de un plan de cuentas analítico
  - C. Elección del sistema a utilizar
  - D. Determinación de los estándares físicos
  - E. Fijación del volumen de producción estándar.
- A. La división de la planta en centros de costos es el paso previo a la implementación de un sistema racional de costos. Cada uno de estos centros debe actuar como una empresa individual. Contrae obligaciones por toda adquisición que realiza y debe ser acreditado por toda transferencia que efectúe.



## B. Creación de un plan de cuentas analítico.

La organización de costos debe formar parte de la contabilidad general de la Empresa.

Mayores auxiliares deben mostrar mensualmente cuánto gastó cada centro de costos y la naturaleza de cada uno de los desembolsos.

## C. Elección del sistema a utilizar.- Existen tres procedimientos principales para establecer costos estándares que pueden ser registrados en la contabilidad de la Empresa.

Se les denomina: I) Costos reales (ó habituales). Son los costos que se presume alcanzar en un período y que se basan en los precios que se espera pagar, en la eficacia que se espera obtener en el empleo de dichos materiales y en el nivel de producción que se vislumbra conseguir.

II) Costos normales.- "Costos que se espera alcanzar basados en la normalidad de aquellos factores".

III) Costos óptimos.- "Son los basados en el mejor funcionamiento posible". O sea el máximo de producción con el mínimo costo. El I representa la meta más fácil de alcanzar. El inconveniente es que suele incluir ineficiencias (% de desperdicios común, nivel de producción no óptimo, etc.)

Los costos normales se basan en especificaciones técnicas, en precios que predicen las tendencias del mercado y en un volumen normal de producción. Es el más usado. No es recomendable para utilizarse como orientación de precios de venta. En su aplicación ciertos factores se confunden con el anterior. Por ejemplo no existe una nítida diferencia entre precios habituales y normales de M.P. La diferencia fundamental es la forma en que

se fijan los estándares físicos. En el habitual surgen como promedios de cifras históricas. En el normal se establece sobre la base de estudios teóricos-prácticos según normas.

El óptimo es en realidad una concepción teórica del trabajo perfecto. La constante imposibilidad de alcanzarlo produce un efecto descorazonador.

Los materiales se valúan al precio más bajo de plaza, los tiempos de mano de obra basándose en el operario más eficiente y los gastos fijos se reparten sobre el volumen máximo de producción.

D. Determinación de estándares físicos: El departamento de costos deberá contar con especificaciones.- Debe haber un departamento técnico (generalmente Ingeniería Industrial) que las desarrolle. Esto no es una exigencia exclusiva del sistema de costos. Se supone que cualquier empresa racionalmente organizada debe tenerlos.

EJEMPLO .....

Especificaciones de hilado					
TITULO .....		FECHA: .....		REEMPLAZA	
.....	St	tolerancia		OBSERVACIONES	
		MIN	MAX		
GR. x1.000 mts.				Tipo de fibras: Algodón C 100%	
Resistencia				Proceso Botón polea 6/12, CARDA # 1, MANIVAR # 8, mechera, hiladora	
Elasticidad				Desper: Visible 10% Invisible: 0.40%	
Torsión.....				HUMEDAD 1.30%	
				T o t a l 11.70%	
Ing. Ind.	Produc	C. de CALIDAD	Cont. de Costos	Ventas	Gerencia.....

El desperdicio visible se vende o transfiere a otro centro de costo y ello representa un crédito que disminuye el costo del hilado.

#### E. Fijación del Volumen de Producción Estándar.

Hay que considerar tres factores

- Número de días hábiles mensuales
- Número de horas de trabajo diario
- Capacidad productiva horaria

Ejemplo: 23 días por mes, 16 horas por día y 100 unidades por hora. Su producción estándar mensual es  $23 \times 16 \times 100 = 36.800$  unidades. Sobre este volumen de producción deben repartirse sus costos fijos.

#### Determinación de Costos Estándares

Tratemos de ver a través de un ejemplo práctico, como se aplican los aspectos analizados anteriormente. Usaremos el método de costo normal. Se trata de determinar el costo de un hilado de algodón. El Departamento o Centro de Costos se llama "hilandería".

COSTO ESTANDAR - C. DE COSTOS - HILANDERIA

Artículo: Hilado Simple # 12

UNIDAD:

SUBCuenta	CODIGO MATERIAL	UNIDAD	Q EN PROD. TERM.	RENDIMIENTO %	Q UTILIZADA	PERIODO DE COSTOS ENERO - JUNIO 78			PERIODO DE COSTOS	PERIODO DE COSTOS
						PRECIO	PARCIAL	COSTO UNITARIO		
Fibra	Tipo C	Kg.	1	88.3	1.133	200	226.6	222.60		
	Recuperación	"	-	-	0.100	40	-4			
Almacenaje		Kg.	1	88.3	1.133	2		2.27		
Salarios Directos								38.40		
OP # 1	17						1.08			
OP # 2							2.55			
OP # 3								1.86		
OP # 4								3.24		
OP # 5								16.41		
OP # 6								13.26		
Gastos de Fabricación								96.50		
OP # 1							6.59			
OP # 2							7.78			
OP # 3							4.85			
OP # 4							6.77			
OP # 5							41.47			
OP # 6							29.04			
						Costo Unitario		359.77		

La recuperación del desperdicio disminuyen en \$4.00 el costo de materia prima. La subcuenta ALMACENAJE es un gasto directo. La fibra se deposita en un depósito de terceros cuya renta afecta al Kgr. de fibra en \$2.00. Los costos unitarios de mano de obra se establecen de acuerdo con estudios del departamento de Ingeniería Industrial.

Los gastos de fabricación se absorben según un módulo de mano de obra directo. Por ejemplo, si la OP # 1 debe absorber \$1,000,000 de Gastos de Fabricación y además se trabajarán 5,000 hrs. de M.O.D., hacemos el cociente  $1,000,000/5,000 = \$1,000.00$ . En consecuencia c/hora que se trabaje en la OP. # 1, deberá absorber \$1,000 de G. de F.

#### BIBLIOGRAFIA.

Manual de Costos Standars.- Juan C. Vázquez - Aguilar

## COSTOS DE INVERSION

La Inversión de Capital es un costo que se hace una vez en oposición a los costos de operación que son continuos. La inversión se transformará en un costo en una etapa posterior a través de la Depreciación.


La cantidad total de dinero requerido para poner un proyecto en operación se conoce como la Inversión de Capital. Esta compuesto fundamentalmente por dos partidas:

1. El Capital Fijo necesario para proveer las facilidades físicas necesarias.
2. El Capital de Trabajo que es una especie de fondo revolvente que se invierte para facilitar la operación de la empresa.

El Capital Fijo está compuesto por varios conceptos. Los más importantes son:

- A. Diseño e ingeniería
- B. Compra de tierra y mejoramientos
- C. Edificios
- D. Equipos, Instalaciones, Servicios
- E. Areas para recibo, expedición, almacenes
- F. Puesta en marcha

En una empresa manufacturera, el capital de trabajo consiste principalmente en:

- A. Inventarios 
  - de materias primas
  - de producción en proceso
  - de producto terminado

B. Cuentas por cobrar

C. Efectivo para sueldos, caja chica, impuestos, etc.

Para su cálculo en forma aproximada, se considera la suma de los artículos mencionados para un período de un mes. Siempre hablando de industrias manufactureras, se puede estimar el capital de trabajo como un porcentaje de la Inversión Fija. Varía entre el 10 y 20%.

Esto es simplemente orientativo. En las industrias con grandes costos de ventas y en empresas de servicio puede ser que el capital de trabajo sea del orden del 50% de la Inversión Fija.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION

ESTUDIO DE TRABAJO

PROF. M. EN A. JUAN JOSE DIMATTEO C.  
27, 28, 29 DE OCTUBRE DE 1983



# Capítulo 4

## Estudio del trabajo

### 1. ¿Qué es el estudio del trabajo?

¿Qué es el estudio del trabajo y por qué ha sido elegido, entre las diferentes técnicas que analizamos en el precedente capítulo, como instrumento principal para lograr el aumento de la productividad y como tema especial de este libro?

**Se entienda por estudio del trabajo, genéricamente, ciertas técnicas, y en particular el estudio de métodos y la medición del trabajo, que se utilizan para examinar el trabajo humano en todos sus contextos y que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada, con el fin de efectuar mejoras<sup>1</sup>**

El estudio del trabajo, por tanto, está directamente relacionado con la productividad, puesto que sirve para obtener una producción mayor a partir de una cantidad de recursos dada, manteniendo constantes o aumentando apenas las inversiones de capital.

Durante muchos años se conoció al estudio del trabajo con el nombre de «estudio de tiempos y movimientos» (*time and motion study*), pero actualmente, con el desarrollo de la técnica y sus aplicaciones a una muy amplia gama de actividades, se estima que tal denominación es demasiado restrictiva.

### 2. El estudio del trabajo como medio directo de aumentar la productividad

Ya hemos visto que son muchos los factores que intervienen en la productividad de cualquier empresa, que su importancia varía de acuerdo con la naturaleza de

<sup>1</sup> Esta definición ha sido traducida del *W. J. Gilbreth, op. cit.*

las actividades y que dependen unos de otros. Examinemos esta cuestión desde otro punto de vista.

Hasta ahora hemos tratado del empleo de varias técnicas para aumentar la productividad sin mencionar las inversiones de capital en instalaciones y equipo. Partimos del supuesto que sería posible elevar la productividad utilizando los recursos existentes. Casi siempre es posible aumentarla considerablemente invirtiendo grandes capitales para mejorar las instalaciones y el equipo. ¿Qué resultado pueden dar las técnicas tales como el estudio del trabajo cuando se quiere mejorar el empleo de los recursos existentes, en comparación con la inversión de capital en nuevas instalaciones? Toda comparación en términos generales sólo puede dar una idea aproximada, que presentamos en el cuadro 1.

Se verá que, a la larga, uno de los medios más eficaces de aumentar la productividad es inventar nuevos procedimientos y modernizar la maquinaria y el equipo. Sin embargo, esa solución generalmente exige fuertes desembolsos de capital y puede traducirse en una salida desventajosa de divisas si el equipo y la maquinaria no son de producción nacional. Además, tratar de resolver el problema del aumento de la productividad recurriendo a la adquisición continua de tecnología avanzada puede obstaculizar los esfuerzos destinados a incrementar las oportunidades de empleo. En cambio, el estudio del trabajo tiende a enfocar el problema del aumento de la productividad mediante el análisis sistemático de las operaciones, procedimientos y métodos de trabajo existentes con objeto de mejorar su eficacia. Por lo tanto, el estudio del trabajo contribuye a aumentar la productividad recurriendo poco o nada a inversiones suplementarias de capital.

### 3. Utilidad del estudio del trabajo

Investigar y perfeccionar las operaciones en el lugar de trabajo no es nada nuevo; los buenos dirigentes lo están haciendo desde que se organizó por primera vez el esfuerzo humano para acometer grandes empresas. Siempre ha habido dirigentes de extraordinaria capacidad — genios — que lograron realizar notables progresos, pero, desgraciadamente, ningún país parece poseer un número adecuado de dirigentes competentes. De ahí la gran utilidad del estudio del trabajo, pues aplicando sus procedimientos sistemáticos un dirigente puede lograr resultados equiparables, e incluso superiores, a los obtenidos en otras épocas por hombres geniales.

El estudio del trabajo da resultados porque es sistemático, tanto para investigar los problemas como para buscarles solución. Pero la investigación sistemática requiere tiempo y, por eso, en todas las empresas, salvo en las más pequeñas, las personas que mandan no pueden encargarse del estudio del trabajo. El director de una fábrica o el jefe de un taller, por competentes que sean, nunca disponen de suficiente tiempo sin interrupciones, mientras cumplen su labor cotidiana con sus múltiples problemas humanos y materiales, para dedicarlo enteramente al estudio de una sola actividad de la fábrica. Por eso les es casi imposible conocer todos los datos sobre lo que está sucediendo en tal actividad. Ahora bien, sin todos los datos es imposible estar seguro de que las modificaciones que se hacen se basan en información exacta y van a surtir efecto. Para enterarse a fondo de lo que ocurre en el lugar o zona donde se trabaja es indispensable estudiar y observar continuamente, y por sí mismo, el desarrollo de las actividades. Esto significa que el estudio del trabajo deberá enco-

Cuadro 1. Medios directos de aumentar la productividad

Medio	Finalidad	Medios	Costo	Riesgo de los resultados	Mejoramiento posible de la productividad	Papel del estudio del trabajo
Inversión de capital	1. Idear nuevos procedimientos básicos o mejorar fundamentalmente los existentes	Investigación básica Investigación aplicada Instalación experimental	Elevado	Generalmente varios años	Sin limitación evidente	Estudio de métodos para facilitar el trabajo en sí y la conservación en la fase de creación
	2. Instalar maquinaria o equipo más modernos o de mayor capacidad o modernizar los existentes	Adquisiciones Investigación del proceso	Elevado	Inmediatamente después de la instalación	Sin limitación evidente	Estudio de métodos aplicado a la disposición de los locales para facilitar el trabajo durante la modernización
	3. Reducir el contenido de trabajo del producto	Investigación del producto Estudio aplicado del producto Mejoramiento de los métodos de dirección Estudio de métodos Análisis del valor	Módico, en comparación con 1 y 2	Generalmente varios meses	Limitado, como el que cabe esperar de 4 y 5. Debe siempre preceder la acción prevista en ciertos epígrafes	Estudio de métodos (y su extensión: análisis del valor) para mejorar los modelos y facilitar así la producción
Mejor dirección	4. Reducir el contenido de trabajo del proceso	Investigación del proceso Instalación experimental Planificación del proceso Estudio de métodos Formación de los operarios Análisis del valor	Bajo	Inmediatamente	Limitado, pero frecuentemente de gran trascendencia	Estudio de métodos para reducir el desperdicio de tiempo y esfuerzo suprimiendo del proceso los movimientos innecesarios
	5. Reducir el tiempo improductivo (ya sea imputable a la dirección o a los trabajadores)	Medición del trabajo Política de ventas Normalización Estudio aplicado del producto Planificación y control de la producción Control de materiales Conservación planificada Política de personal Mejores condiciones de trabajo Formación de los operarios Remuneración por rendimiento	Bajo	Tal vez lentos al principio, pero acelerados después	Limitado, pero frecuentemente de gran trascendencia	Medición del trabajo para investigar las prácticas existentes, medir el tiempo improductivo y fijar normas de rendimiento para: A. Planificar y controlar la producción B. Utilizar las instalaciones C. Controlar los costes de mano de obra D. Establecer sistemas de remuneración por rendimiento

mandarse siempre a quien pueda dedicarse a él exclusivamente y sin ejercer funciones de dirección, a alguien que pertenecerá a la línea jerárquica asesora y no de mando<sup>1</sup>, y que prestará sus servicios a los directores y mandos intermedios como podría hacerlo un asesor jurídico o un interventor de cuentas.

Hemos examinado muy brevemente algunos aspectos de la naturaleza del estudio del trabajo y el motivo de su utilidad como instrumento de dirección. A las razones expuestas pueden añadirse las que resumimos a continuación:

1. Es un medio de aumentar la productividad de una fábrica o instalación mediante la reorganización del trabajo, método que normalmente requiere poco o ningún desembolso de capital para instalaciones o equipo.
2. Es sistemático, de modo que no se puede pasar por alto ninguno de los factores que influyen en la eficacia de una operación, ni al analizar las prácticas existentes ni al crear otras nuevas, y que se recogen todos los datos relacionados con la operación.
3. Es el método más exacto conocido hasta ahora para establecer normas de rendimiento, de las que dependen la planificación y control eficaces de la producción.
4. Las economías resultantes de la aplicación correcta del estudio del trabajo comienzan de inmediato y continúan mientras duren las operaciones en su forma mejorada.
5. Es un «instrumento» que puede ser utilizado en todas partes. Dará buen resultado dondequiera que se realice trabajo manual o funcione una instalación, no solamente en talleres de fabricación, sino también en oficinas, comercios, laboratorios e industrias auxiliares, como las de distribución al por mayor y al por menor y los restaurantes, y en las explotaciones agropecuarias.
6. Es uno de los instrumentos de investigación más penetrantes de que dispone la dirección. Por eso es un arma excelente para atacar las fallas de cualquier organización, ya que al investigar un grupo de problemas se van descubriendo las deficiencias de todas las demás funciones que repiten en ellos.

Vale la pena analizar más detenidamente este último punto. Como el estudio del trabajo es sistemático y obliga a examinar en persona todos los factores que influyen sobre la eficacia de una operación dada, pondrá de manifiesto las deficiencias de todas las actividades relacionadas con esa operación. Por ejemplo, la observación puede mostrar que un operario pierde tiempo porque tiene que esperar que le entreguen el material o porque se ha descompuesto la máquina con que trabaja. Ahí se ve en seguida que está mal organizado el control de materiales o que el jefe de mantenimiento descuida la conservación de la maquinaria. También puede haber pérdida de tiempo si las series de producción fijadas son demasiado breves y exigen el reajuste constante de las máquinas; pero esto no podrá comprobarse sin observaciones prolongadas para apreciar si el grado en que se interrumpe el trabajo es indicio de que está mal planeada la producción o de que merece que se investigue la política de ventas.

<sup>1</sup> El que desempeña un cargo de mando tiene autoridad sobre sus subordinados inmediatos para vigilarlos. El asesor, en cambio, como su nombre lo indica, da su opinión o formula recomendaciones basadas en sus conocimientos especializados, pero no tiene autoridad ni poder para hacerlas aplicar.

El estudio del trabajo actúa como el histuri del cirujano, exponiendo a la vista de todos las actividades y el funcionamiento, bueno o malo, de una empresa. Porque tiene ese carácter «revelador», es preciso manejarlo, como el histuri del cirujano, con cuidado y destreza. A nadie le gusta que lo pongan en evidencia, y si el especialista en estudio del trabajo no trata a los demás con gran tacto, puede atraerse la antipatía de directores y obreros, lo que le impedirá cumplir su cometido debidamente.

Los directores y jefes de taller que han intentado aplicar el estudio del trabajo generalmente no han conseguido las economías y mejoras que hubieran sido posibles porque no pudieron dedicarse a él de modo continuo, aun poseyendo la debida capacitación. No hasta que el estudio del trabajo sea sistemático. Para lograr resultados realmente importantes hay que aplicarlo continuamente y de un extremo a otro de la empresa. De nada sirve que el especialista en estudio del trabajo realice una buena labor si luego se cruza de brazos, satisfecho de su obra, o si la dirección le encomienda otro trabajo. Aunque pueden ser considerables las economías que se logren en determinadas tareas, suelen ser pequeñas en comparación con la actividad total de la empresa. El estudio del trabajo sólo surtirá todo su efecto cuando haya sido aplicado en todas partes y cuando todo el personal de la organización esté convencido de que es preciso rechazar el desperdicio en todas sus formas – de materiales, tiempo, esfuerzo o dotes humanas – y no aceptar sin discusión que las cosas se hagan de cierto modo «porque siempre se hicieron así».

#### 4. Las técnicas de estudio del trabajo y su relación mutua

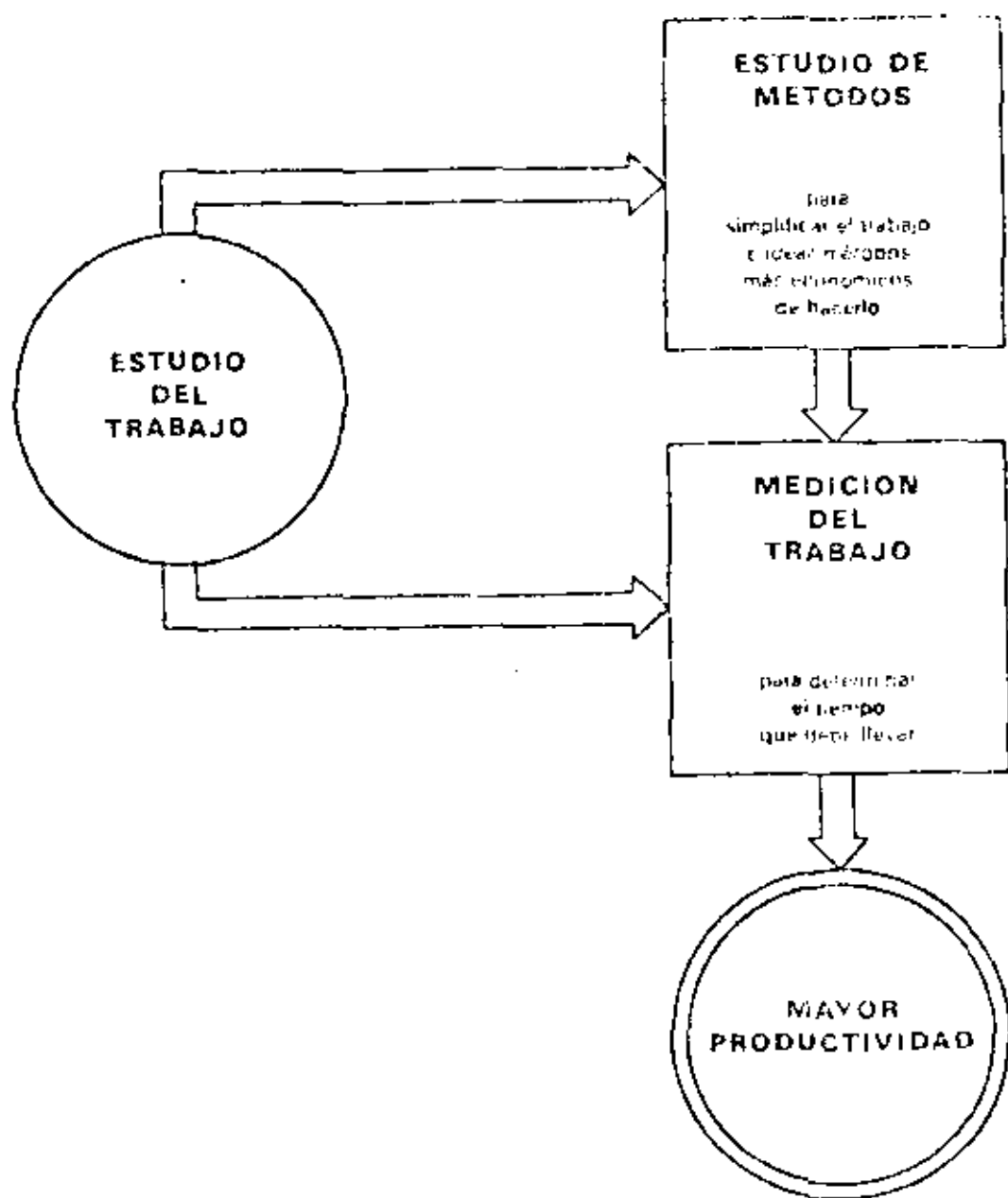
Al comienzo de este capítulo dijimos que la expresión «estudio del trabajo» comprendería varias técnicas, y en especial el estudio de métodos y la medición del trabajo. ¿Qué son esas dos técnicas y qué relación tienen entre sí?

**El estudio de métodos es el registro y examen crítico sistemáticos de los modos existentes y proyectados de llevar a cabo un trabajo, como medio de idear y aplicar métodos más sencillos y eficaces y de reducir los costos.**

**La medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida.**

<sup>1</sup> Estas definiciones han sido traducidas del *H.S. Gilbreth, op. cit.* La expresión «estudio de métodos» se utiliza cada vez más en lugar de «estudio de movimientos», si bien esta última expresión, creada por Frank B. Gilbreth, cubre casi exactamente lo mismo. Sin embargo, en algunas publicaciones todavía se utiliza «estudio de movimientos» con el mismo significado que «estudio de métodos».

Figura 7. Estudio del trabajo



Por consiguiente, el estudio de métodos y la medición del trabajo están estrechamente ligados entre sí. El primero se usa para reducir el contenido de trabajo de la tarea u operación, mientras que la segunda sirve sobre todo para investigar y reducir el consiguiente tiempo improductivo, y para fijar después las normas de tiempo de la operación cuando se efectúe en la forma perfeccionada ideada gracias al estudio de métodos. La relación entre éste y la medición del trabajo se representa esquemáticamente en la figura 7.

Como se verá en capítulos posteriores, el estudio de métodos y la medición del trabajo se componen a su vez de varias técnicas diversas. Si bien el estudio de métodos debe preceder a la medición del trabajo cuando se fijan normas de producción, con frecuencia es necesario utilizar antes una de las técnicas de medición del trabajo, como, por ejemplo, el muestreo del trabajo (véase el capítulo 14), para determinar las causas y la magnitud de los tiempos improductivos. Puede igualmente utilizarse el estudio de tiempos (capítulo 15 y siguientes) para comparar la eficacia relativa de uno y otro método.

Trataremos de esas técnicas en los capítulos dedicados a ellas, limitándonos por ahora a considerar el procedimiento básico del estudio del trabajo, que se aplica a todos los estudios, sea cual sea la operación o proceso de que se trate, en cualquier rama de actividad. En ese procedimiento se funda todo el estudio del trabajo y no se puede abreviar.

## 5. Procedimiento básico para el estudio del trabajo

Es preciso recorrer ocho etapas fundamentales para realizar un estudio del trabajo completo, a saber:

1. Seleccionar el trabajo o proceso que estudiar.
2. Registrar, por observación directa cuanto sucede utilizando las técnicas más apropiadas (que explicaremos más adelante) y disponiendo los datos en la forma más cómoda para analizarlos.
3. Examinar los hechos registrados con espíritu crítico, preguntándose si se justifica lo que se hace, según el propósito de la actividad; el lugar donde se lleva a cabo; el orden en que se ejecuta; quién la ejecuta, y los medios empleados.
4. Idear el método más económico tomando en cuenta todas las circunstancias.
5. Medir la cantidad de trabajo que exige el método elegido y calcular el tiempo tipo que lleva hacerlo.
6. Definir el nuevo método y el tiempo correspondiente para que pueda ser identificado en todo momento.
7. Implantar el nuevo método como práctica general aceptada con el tiempo fijado.
8. Mantener en uso la nueva práctica mediante procedimientos de control adecuados.

Las etapas 1, 2 y 3 son inevitables, ya se emplee la técnica del estudio de métodos o la medición del trabajo; la 4 forma parte del estudio de métodos corriente, mientras que la 5 exige la medición del trabajo.

Esas ocho etapas se examinan detalladamente en los capítulos dedicados al estudio de métodos y a la medición del trabajo. Pero antes se analizan el ambiente y las condiciones que se precisan para que el estudio del trabajo dé los resultados que se esperan.