

REPUBLICA DEL PERU

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

Y ELECTRICA

LIMA - PERU

"INFLUENCIA DEL TIEMPO EN EL
COSTO DE MANUFACTURA"

POr JORGE G. LUQUE MARTIJENA

PROMOCION 1968

TESIS PRESENTADA PARA OPTAR EL
GRADO DE BACHILLER



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

APARTADO 1301

LIMA - PERU

PROYECTO DE GRADO DE BACHILLER

Para obtener el Grado de Bachiller en Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Sr. Jorge Gustavo Luque Martijena

PROMOCION: 1968

"INFLUENCIA DEL TIEMPO EN LOS COSTOS DE MANUFACTURA"

INTRODUCCION:

- CAPITULO I. Aspecto General de Costos, Costo de Manufactura y la Incidencia en él, del tiempo de Mecanizado.
- CAPITULO II. Efecto de los Tipos de Producción y Métodos de Trabajo en el tiempo de Mecanizado.
- CAPITULO III. Efecto del Uso de Dispositivos y Planillas[†] en el tiempo de Mecanizado y en el Costo de Manufactura.
- CAPITULO IV. Influencia del Control de Calidad en el tiempo de Mecanizado.

CONCLUSIONES:



Lima, 8 de Enero de 1969

OMG/mvc

DEDICATORIA

A mis queridos padres y a mi novia, por la gran ayuda que me prestaron en la culminación de mis estudios.

PROLOGO

De acuerdo con el título, comentario y capítulos planteados originalmente, para la presente tesis de Bachiller, y tratando de seguir un desarrollo lógico y objetivo, he llevado a efecto el siguiente trabajo:

	Pag.
- INTRODUCCION	3
- <u>CAPITULO I: "Aspecto general de costos, costo de manufactura y la incidencia en él, del tiempo de mecanizado."</u>	5

En este capítulo, se ubica en primer lugar el costo de manufactura, dentro del concepto general de costos; luego se indica sus elementos constitutivos: mano de obra directa y gastos generales de fabricación, haciéndose notar la incidencia del tiempo de mecanizado en ambos conceptos y por ende en el costo de manufactura.

- <u>CAPITULO II: "Efecto de los tipos de producción y métodos de trabajo en el tiempo de mecanizado."</u>	13
--	----

En primer lugar, se relaciona el tiempo de mecanizado con la productividad fabril; a continuación con los métodos y tipos de producción; luego se expone las características de la producción intermitente y continua, indicándose ventajas y desventajas. Además un examen sobre la conveniencia de elección entre un sistema de producción y el otro en base al tiempo de mecanizado.

Detallamos a continuación, la elección de la máquina, herramienta, en razón a la superficie que se desea obtener, dimensiones, cantidad y precisión requerida, siempre a base del mejor tiempo de mecanizado.

Luego se hace notar las ventajas de los diagramas carga-máquinas, para lograr los mejores tiempos de mecanizado. Se trata finalmente la incidencia de las tolerancias y las características del corte, con el tiempo de mecanizado y los costos de manufactura.

CAPITULO III: "Efecto del uso de dispositivos y plantillas en el tiempo de mecanizado y en el costo de manufactura."..... 42

En este capítulo, se describe como primera cosa la razón de ser, de los dispositivos y plantillas, exponiéndose el objeto de su empleo y los casos en que es conveniente su aplicación en base al factor tiempo-economía.

CAPITULO IV: "Influencia del control de calidad en el tiempo de mecanizado." 48

Se expone los requisitos para la aplicación del control de calidad y las ventajas que reporta al lograr una mayor productividad, fijando la calidad entre ciertos límites, tendiéndose a disminuir los descartes, los costos de fabricación, los tiempos de mecanizado y mejorar la moral del productor.

- CONCLUSIONES 53

- BIBLIOGRAFIA 56

INTRODUCCION

En los inicios de la etapa industrial, el proceso de producción se basaba en la destreza del artesano, quien por medio de sencillas herramientas transformaba los materiales en un producto utilizable. Gradualmente, se aprendió, a transferir a las máquinas ciertas habilidades del operario, lo cual junto con la demanda creciente de productos idénticos o similares, dió origen al sistema fabril. Se implantó la división del trabajo aprendiendo el obrero a realizar rápidamente operaciones cortas y reiteradas. La productividad del trabajador fabril aumentó aún más mediante el empleo de plantillas, dispositivos y máquinas; y así, la producción consiste actualmente en la creación de un producto, combinando el empleo de hombres, máquinas y materiales. Hoy, cuando las manos del hombre y su energía física han sido en gran parte reemplazadas por máquinas en las diversas ramas de la industria, no se puede afirmar que el factor esencial en la producción, referente a la calidad, cantidad y eficiencia, depende directamente del grado de especialización del obrero. Utilizando las máquinas de producción en serie actuales, el obrero necesita sólo saber sobre qué botón debe poner el dedo para mover los mecanismos de la maquinaria, y como usar el calibre para controlar la producción de la máquina a su cuidado.

De acuerdo con el diccionario "Control es el ejercicio de una influencia directriz". Esta definición podría interpretarse en el sentido de mantener una condición estática, pero eso sería peligroso. Los costos crecientes deben compensarse. Hay que progresar y no es posible perder las condiciones competitivas. Es necesario insistir pues, en que la reducción de costos es parte del control.

Lo que se pierde en un renglón hay que ahorrarlo con creces en otro, para asegurar la obtención de utilidades. Aumentar los precios no es una solución; tal cosa no mejoraría los niveles de vida. Los aumentos de los niveles de vida se ocasionan por una buena administración de la maquinaria, los materiales, la mano de obra y, en mi opinión, por un mejor aprovechamiento del tiempo.

El crecimiento de la productividad es factor básico para el progreso de nuestra nación. En ese proceso de avance las administraciones de las empresas deben guiarse casi en su totalidad por los indicadores suministrados por la contabilidad de costos y apoyadas por la rama correspondiente de Ingeniería.

CAPITULO I : "ASPECTO GENERAL DE COSTOS, COSTO DE MANUFAC-
TURA Y LA INCIDENCIA EN EL, DEL TIEMPO DE MECA-
NIZADO."

Generalmente se reconocen tres elementos en el costo de fabricación: ma-
terias primas directas, mano de obra directa y gastos generales de fabri-
cación.

La combinación de la mano de obra directa y los gastos generales de fabri-
cación, se conoce como costo de conversión, costo de procesamiento o
costo de manufactura, ya que éstos son los costos de convertir, procesar
o manufacturar las materias primas en productos terminados.

a) Mano de Obra directa

Para el análisis de la mano de obra directa es preciso preparar cua-
dros analíticos a fin de agrupar mensualmente por secciones, procesos
y órdenes de trabajo, los importes abonados en concepto de jornales
y las horas-obrero empleados en la producción.

Los índices que resultan de comparar la mano de obra directa con el
número de obreros y el volumen físico de fabricación, permiten cono-
cer el promedio de los salarios y la cuota de mano de obra directa impu-
tada a cada unidad producida. Así tenemos que para un mismo número
de obreros y aumentándose el valor de los salarios directos, se habrá
elevado el costo de los jornales. Pero si en esas circunstancias la
producción crece con mayor intensidad, será inferior la cuota de sala-
rios que corresponde a cada unidad elaborada. Por otro lado, si dis-
minuye la cantidad física de mano de obra sin que se reduzca el volumen
de producción, es posible que se haya conseguido una mejora de carác-
ter técnico en los procesos fabriles.

Además es necesario calcular los índices siguientes:

(lro.)	Unidades Producidas
	Cantidad total de horas - obrero

- (a) Producción física estimada en el caso de que se siga algún sistema de control presupuestario.
- (b) Producción física real.
- (c) Salarios abonados y sus correspondientes cargas sociales.
- (d) Horas-obrero de producción posible.
- (e) Horas-obrero de producción real.
- (f) Horas-máquina de producción posible.
- (g) Horas-máquina de producción real.
- (h) Movimientos de altas y bajas y ausencias del personal.
- (i) Índices de eficiencia.
 - (1) Producción física no realizada
 - (2) Horas-Obrero no aprovechadas
 - (3) Horas-Máquina no utilizadas
 - (4) Producción física por cada 100 horas de trabajo
 - (5) Producción física por cada S/ 100.00 de salario
 - (6) Ausencias del personal
- (j) Causas que hayan influido en la mayor o menor eficiencia de la mano de obra, concretamente expresados.

La información que proporcionan estas partes es de alto valor para el personal superior de la empresa, puesto que les ofrece una visión de conjunto, clara y expresiva, acerca de la eficiencia y productividad de la mano de obra que se desempeña en cada sección o departamento de la fábrica.

Según resulta de la enumeración precedente, en estas partes se ofrecen cifras en valores absolutos, índices para la mejor interpretación de esas cifras y las explicaciones que se consideren necesarias para justificar debidamente la mayor o menor eficiencia de la mano de obra.

Los índices de eficiencia se calculan mediante la aplicación de las siguientes fórmulas:

- (A) Índice de la producción física realizada:

$$\frac{\text{Producción física real} \times 100}{\text{Producción física estimada}}$$

(B) Índice de las Horas-Obrero aprovechadas:

$$\frac{\text{Horas-obrero reales} \times 100}{\text{Horas obrero posibles}}$$

(C) Índice de las Horas-Máquina utilizadas:

$$\frac{\text{Horas-máquina reales} \times 100}{\text{Horas-máquina posibles}}$$

(D) Índice de la producción física por cada 100 horas de trabajo:

$$\frac{\text{Producción física real} \times 100}{\text{Horas-obrero ó máquina reales}}$$

(E) Índice de la producción física por cada S/ 100.00 de salario:

$$\frac{\text{Producción física real} \times 100}{\text{Salarios abonados}}$$

(F) Índice de ausencias del personal:

$$\frac{\text{Horas-obrero del personal ausente} \times 100}{\text{Horas obrero Totales}}$$

El primero de estos índices disminuirá a medida que aumente la capacidad de producción desaprovechada y se elevará en caso contrario. Constituye luego una medida eficaz para apreciar la productividad de cada sección o departamento.

Lo mismo puede decirse de los índices siguientes.

A mayor porcentaje corresponderá una menor capacidad de trabajo desaprovechado, y a un índice más bajo una mayor deficiencia productiva.

Por el índice "D", puede apreciarse si aumenta o disminuye la eficiencia de la empresa, con respecto al tiempo que haya requerido la producción real. Una disminución de la producción física por cada 100 horas de trabajo revelará que se han dilatado los procesos de manufactura, por causas que será menester investigar. Y a la inversa, una mayor producción física por cada 100 horas de trabajo, demostrará que los departamentos se desenvuelven con un grado más alto de eficiencia productiva.

En forma semejante al anterior, el índice "E", es el de la producción

física por cada S/ 100.00 de salarios. Sin embargo, por el aumento constante de los jornales en virtud de la depreciación monetaria, es evidente que este índice descenderá continuamente, sin que ello autorice a sostener que ha disminuído la eficiencia de la mano de obra. En consecuencia, la interpretación de este índice y su comparación con otros de períodos anteriores, debe hacerse con salarios que permanezcan en un mismo nivel.

El índice "F", pone de relieve la proporción de horas de trabajo que se pierden por las ausencias del personal. Todos estos índices, constituyen elementos de control y dirección muy positivo, porque pueden evidenciar hechos o situaciones dignos de investigarse en busca de una mayor eficiencia.

De suma importancia es el análisis de la mano de obra ociosa. En las planillas diarias de la distribución de la mano de obra empleada en el tiempo trabajado, se atribuye a distintas órdenes, con lo cual no se pone de relieve la existencia de ningún tiempo improductivo, aunque por causas diversas se presente el fenómeno de la mano de obra ociosa. Por ello el índice que mide la producción física (índice D) por hora-obrero debe ser analizado atentamente, pues ha de revelar, en caso de que el tiempo improductivo sea de alguna significación, que el rendimiento de la mano de obra disminuya por esa causa. Habrá que determinar luego sus orígenes; por ejemplo: organización deficiente del trabajo, falta de materias primas, relajamiento de la disciplina o descomposturas de máquinas; para eliminar este factor que tanto disminuye el nivel de productividad.

El control de la apropiación de la mano de obra a las distintas órdenes de trabajo, es un recurso obligado para comprobar si la distribución de los jornales se ha practicado sin errores materiales, y si la mano de obra realmente empleada, no ha excedido el importe que en condiciones normales corresponde a cada trabajo.

Con ese motivo deben llevarse fichas para registrar en ellas, por

productos y órdenes de producción, los costos fabriles debidamente discriminados. De este modo podrá comprobarse si la mano de obra imputada a cada orden es normal o no. En este último caso será necesario averiguar las causas que hubieran originado el exceso de mano de obra. De acuerdo con lo que hemos expresado en el párrafo anterior esas causas pueden ser las siguientes:

- (I) Errores cometidos en la distribución de la mano de obra
- (II) Excesos de jornales por:
 - 1o. Tiempo improductivo
 - 2o. Utilización de personal no capacitado
 - 3o. Empleo no justificado de obreros que perciben altos salarios.

En el caso de que se hayan cometido errores materiales en la distribución de la mano de obra, será preciso rectificar las apropiaciones y corregir las liquidaciones de costos a fin de eliminar esos errores; y en los demás supuestos habrá que adoptar las medidas necesarias para que no se vuelvan a repetir las causas que originan los excesos de mano de obra.

b) Gastos generales de fabricación

Los gastos generales de fabricación, están formados por las expensas que gravitan sobre toda la producción en su conjunto sin que sea posible o conveniente determinar de modo directo cuáles de ellas corresponden a cada trabajo u orden de producción, en contra de lo que ocurre con la mano de obra directa y con los materiales directos, que se apropian con toda precisión a las órdenes de trabajo. Los gastos de fabricación se distribuyen entre tales órdenes mediante prorrateos aproximados, y por ello sólo indirectamente gravitan sobre los costos de producción. A los gastos generales de fabricación se les llama también a veces, gastos generales de fábrica, gastos de fabricación, gastos fabriles, sobrecargo y costos o gastos de fabricación indirectos; incluyen todos los costos relacionados con la producción de fábrica a

excepción de materias primas o mano de obra directa.

Se pueden distinguir tres categorías de gastos generales de fabricación:

- (1) Materiales Indirectos. - Aceites lubricantes, materiales de limpieza, suministros de mantenimiento y reparaciones, etc.
- (2) Mano de Obra Indirecta - Salarios de los supervisores, empleados, guardianes, personal de mantenimiento, etc.
- (3) Gastos Generales de Fábrica - Depreciación del edificio y equipo de la fábrica, alquiler, impuestos, servicios públicos, etc.

Detallando lo anterior:

(1) Los materiales indirectos, son suministros que se utilizan para toda la producción en su conjunto. El consumo de estos materiales en cada unidad producida no puede individualizarse, porque sería antieconómico hacerlo. Por ello su costo se distribuye, mediante prorrateos convenientes, entre toda la producción de la fábrica.

(2) La mano de obra indirecta, es la de aquellos trabajadores que solo intervienen en tareas accesorias o parciales, como recepción, transporte de materias primas, expedición de mercaderías, etc., y otras de esta índole. Tampoco puede determinarse con precisión cual es la mano de obra indirecta que corresponde a cada unidad producida, por lo cual su imputación se realiza de modo indirecto mediante prorrateos aproximados.

(3) Gastos generales de fábrica, son todos los gastos que origina la actividad de la fábrica, como por ejemplo: alquileres, seguros, luz y fuerza motriz, amortizaciones, sueldos y gastos administrativos, etc.

Asimismo existen diversos gastos de fabricación sometidos al régimen de las llamadas órdenes permanentes, cuyos costos se liquidan en la

misma forma que los de las órdenes de producción específicas. Mediante las órdenes permanentes pueden contabilizarse cargas en concepto de reparaciones, conservación, pintura, limpieza y otras semejantes. Y suele ocurrir que para la realización de estos trabajos se utilicen materiales y mano de obra de imputación directa. Así, por ejemplo, para reparar una máquina puede emplearse a un mecánico (mano de obra calificada y directa) y accesorios de apropiación perfectamente individualizable. Pero lo cierto es que estos trabajos representan gastos de fabricación de imputación indirecta, aunque en su realización se hayan utilizado materiales y mano de obra de imputación directa.

Los gastos de fabricación pueden ser fijos o variables, según sean sus oscilaciones con respecto al volumen de producción. Los gastos variables son más o menos proporcionales a las oscilaciones de la producción, como ocurre con la fuerza motriz, los combustibles y los lubricantes, dado que a mayor producción mayor será el consumo de estos bienes y servicios, y viceversa. Por supuesto, no siempre los gastos variables son rígidamente proporcionales, ya que algunos tienen mayor relación que otros con las variaciones de la producción.

En cambio, los gastos fijos se suponen constantes dentro de ciertos límites, tal como sucede con los alquileres, las amortizaciones, los sueldos y los seguros e impuestos de los edificios. Es indudable que aunque disminuya la producción o aunque aumente hasta cierto límite, habrá que pagar estos gastos, por lo cual se dice que son inversamente proporcionales a las oscilaciones del volumen físico de la producción. En consecuencia, a mayor producción menor será la cuota de gastos fijos que le corresponderá a cada unidad producida y viceversa.

Finalmente y cerrando el presente capítulo observamos que el tiempo de mecanizado es un elemento calificativo de la mano de obra directa, influenciado por el método de trabajo, sistema de producción, grado de acabado y por la precisión requerida; además incide en los Gastos generales de fabricación, aunque en menor escala.

CAPITULO II : "EFECTO DE LOS TIPOS DE PRODUCCION Y METODOS DE TRABAJO EN EL TIEMPO DE MECANIZADO."

La productividad fabril; considerándola en términos sencillos como: "La relación aritmética entre la cantidad producida y la cuantía de cualquiera de los recursos empleados en la producción"; para su estudio es necesario introducir la noción de "tiempo" ya que la cantidad de mercancías que se obtiene de una máquina o de un trabajador en un tiempo determinado constituye la medida de la Productividad, la que según lo visto en el capítulo anterior, varía en razón inversa con el tiempo de mecanizado y por ende con el costo de manufactura.

La productividad se determina computando la producción de mercancías o servicios en cierto número de "horas-hombre" o de "horas-máquina"* (*entendiéndose por "hora-hombre", el trabajo de un hombre en una hora y "hora-máquina", 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, siempre puede mejorarse, basándose en que la experiencia demuestra que no existe un "método perfecto". En realidad siempre hay oportunidades de mejora. Además las condiciones pueden variar, pues factores tales como volumen y calidad del producto, clase y precios de las materias primas, y disponibilidad de la maquinaria, pueden llegar a ser diferentes de los que existían al iniciarse la producción. Por ello siempre se presenta la oportunidad de mejorar procesos y métodos, incluyendo nuevo diseño del producto mismo y de sus componentes, así como normalización y mejor utilización de las materias primas, como parte de un eficiente control de la calidad.

Es esencial hacer una estimación previa del ahorro que se espera obtener como consecuencia del perfeccionamiento de los métodos; los tiempos unitarios para los métodos antiguo y moderno se basan en estudios de tiempos o en datos de producción total, según sean unos u otros los más representativos para el proyecto de que se trate.

¿Cómo puede influir la aplicación de métodos ineficaces de producción o funcionamiento sobre el contenido de trabajo de una tarea?

- 1o. Si se utiliza una máquina de un tipo o tamaño inadecuado cuya producción sea inferior a la de la máquina apropiada. Ej.: Un trabajo propio de un torno revólver ejecutado en un gran torno.
- 2o. Si el proceso no funciona adecuadamente, es decir, en las condiciones debidas de alimentación, ritmo, velocidad de recorrido, temperatura o en las demás condiciones que rigen su funcionamiento o si las instalaciones o la maquinaria se hallan en mal estado.
- 3o. Si se utilizan herramientas manuales inadecuadas.
- 4o. Si la disposición de la fábrica, taller o lugar de trabajo entraña movimientos innecesarios o pérdida de tiempo o de esfuerzos.
- 5o. Si los métodos de trabajo de un operario entrañan movimientos innecesarios, pérdida de tiempo o de esfuerzos.

Es preciso observar que el concepto de contenido de trabajo en función del tiempo se basa en el supuesto de un ritmo medio y constante de las operaciones de trabajo. Cabe considerar tiempo improductivo el adicionalmente invertido en una operación como consecuencia de la disminución del ritmo de trabajo.

La productividad plena del proceso de logrará solamente cuando se efectúe con el menor desperdicio de movimientos, de tiempo y de esfuerzos, en condiciones de máxima eficiencia.

Es necesario suprimir todo lo que origine movimientos innecesarios del trabajador en el taller o en su mismo puesto de trabajo.

Tipos de Producción

Existen diversos conceptos para distinguir los tipos de producción, considero como el más apropiado para el estudio del control de Producción, clasificar entre producción intermitente y continua.

Producción intermitente y producción continua son realmente términos extremos; pocas empresas son enteramente de una u otra clase.

A veces, sin embargo, ciertas grandes empresas, con muchas fábricas en funcionamiento, tienen algunas de éstas que son totalmente intermitentes o continuas en su producción.

La producción continua y la intermitente difieren en el espacio de tiempo que los dispositivos de montaje del equipo pueden utilizarse sin introducir cambios en los mismos. La industria y el producto de que se trate no tienen importancia en cuanto a lo que está distinción se refiere.

Si el dispositivo de montaje de la maquinaria se utiliza sólo por poco tiempo y se cambia después, para fabricar un producto diferente, se tiene una "producción intermitente". Quizá un dispositivo de montaje se utiliza sólo unos pocos minutos, o posiblemente horas, para fabricar las cantidades requeridas. Tales series cortas de gran variedad de productos son las que caracterizan la producción intermitente. Pero si se prepara el montaje del equipo fabril y se utiliza durante meses sin cambiarlo, entonces tenemos lo que llamamos "producción continua", ésta necesita un gran volumen de productos con un alto grado de normalización.

A continuación exponemos las características de la producción intermitente:

- (A) La mayoría de los productos se fabrican en pequeñas cantidades.
- (B) La maquinaria similar se agrupa.
- (C) Las cargas de trabajo están desequilibradas.
- (D) Se emplean máquinas universales.
- (E) Los operarios de las máquinas son muy expertos.
- (F) Son necesarias numerosas instrucciones de trabajo.
- (G) Las existencias de materias primas son grandes.
- (H) Las existencias de productos en curso de fabricación son grandes.
- (I) Los materiales se transportan mediante carretillas.
- (J) Se necesitan pasillos anchos, amplios espacios de almacenamiento y numerosos ascensores.

Ventajas e inconvenientes de la producción intermitente

Lo mejor de la producción intermitente es su flexibilidad; se adapta bien a la producción de numerosos pedidos de una gran variedad de productos en pequeñas cantidades. En la fabricación intermitente cuesta muy

poco más, elaborar un pedido de productos totalmente nuevos que repetir un lote de los ya fabricados con anterioridad. Esta flexibilidad se obtiene de la distribución de la fábrica, de los tipos de máquinas instaladas, del sistema de transporte, de la pericia de los operarios y de los procedimientos utilizados para dirigir su trabajo.

La flexibilidad no es sólo capacidad para trabajar con pedidos variados; incluso puede superar los casos excepcionales e interrupciones.

La producción intermitente puede soportar retrasos en la fabricación sin serias repercusiones, la rotura de una máquina no suele ser cosa grave, pues es frecuente que el trabajo planeado para ella pueda trasladarse a otras similares. Y si los pedidos que precisan esa máquina no pueden asignarse a otras para su realización, únicamente se interrumpe su marcha; los pedidos que ocupan otras máquinas no se retrasan.

Tampoco la interrupción de un pedido, o incluso su pérdida, es cosa seria, es verdad que "ese pedido" se halla en un apuro, pero los demás no lo están. La producción intermitente permite también impulsar los pedidos urgentes por delante de los ordinarios. La flexibilidad de la fabricación intermitente es incluso una especie de seguro contra las grandes pérdidas que se producen cuando las demandas del mercado cambian inesperadamente. No importa que los productos que haya que fabricar en el futuro sean muy diferentes de los manufacturados en el pasado; las máquinas y los hombres pueden producirlos perfectamente.

La mayoría de las máquinas universales cuestan menos que las especiales, aunque dentro de ciertos límites, porque algunas veces cuestan más. La inversión inicial en la fabricación intermitente es, por lo tanto, en la mayor parte de los casos de menor cuantía que la que requiere la fabricación continua. El utilizar máquinas universales no significa necesariamente que no se puedan conseguir bajos costos de producción en los pedidos grandes; si se consiguen unos cuantos de éstos, se pueden obtener algunas de las economías que normalmente lleva consigo la utilización de las máquinas especiales. Basta sólo acoplar a las máquinas universales ciertos accesorios, (plantillas y dispositivos) de uso especial que permi-

ten acelerar la producción y reducir los costos. El precio de estos accesorios se amortizará con creces por la economía que supone la obtención de costos más bajos en la producción de grandes series.

En la producción de grandes series, las máquinas universales con su utillaje especial, pueden también agruparse en pequeños "grupos de producción" y dedicar estos únicamente al producto que se trata de fabricar.

El hacerlo así permite librarse de casi todo el papeleo propio del control de la producción en los trabajos por lotes y poder prescindir de las órdenes de traslado y otras instrucciones.

Las desventajas de la producción intermitente sólo son tales. Si se comparan con las características de la producción continua. Pero es preciso recordar que ésta requiere gran volumen y una casi completa normalización. Cuando no se dan estas dos condiciones, la producción intermitente es el único método práctico.

Características de la producción continua :

- (A) Un volumen grande y poca variedad son esenciales.
- (B) Se emplean cadenas de producción.
- (C) Las capacidades de trabajo de las máquinas están equilibradas.
- (D) Se emplean máquinas especiales.
- (E) Los operarios de las máquinas no son muy expertos, y se necesitan menos operarios para un volumen dado de producción.
- (F) Por otra parte, se necesita una gran pericia.
- (G) Son necesarias pocas instrucciones de trabajo.
- (H) Las existencias de materias primas son pequeñas.
- (I) Las existencias de materiales en fabricación son pequeñas.
- (J) La conservación preventiva es una necesidad.
- (K) Los materiales se mueven rápidamente a través de la fábrica.
- (L) Los materiales se mueven por medio de transportadores.
- (M) Se necesitan pasillos estrechos o de amplitud media, poco espacio para almacenamiento y pocos ascensores.

Ventajas e inconvenientes de la producción continua

Lo mejor que tiene la producción continua es el bajo costo unitario que se obtiene cuando hay un gran volumen de fabricación y una normalización casi completa. Las máquinas especiales, aunque generalmente son de costo inicial alto, aceleran el trabajo y reducen los costes de fabricación. Por lo regular, multiplican varias veces la producción por hora, tanto de las máquinas como de la mano de obra. En algunos casos producen un trabajo 100 veces superior en volumen al realizado con las máquinas universales.

La producción continua reduce el derroche de operarios de seis maneras distintas. Los trabajadores no pierden el tiempo yendo detrás de los materiales, ni ocupándose en la manipulación de éstos; tampoco hay preparación de las máquinas, ni se gasta tiempo en poner y quitar herramientas. El tiempo de aprendizaje se reduce al mínimo, porque los operarios pueden adquirir rápidamente la necesaria pericia para realizar los pequeños cometidos de que se compone su trabajo. Todo ello contribuye a mantener ocupados a los operarios con más continuidad en su trabajo.

Con la producción continua se podría realizar también una gran economía en los costes de fabricación, porque se emplean únicamente operarios de especialización media, cuyos jornales horarios deben ser inferiores a los correspondientes a operarios especializados. Pero en la realidad no ocurre así; los operarios semiespecialistas de la línea de producción ganan por hora, poco más o menos, lo mismo que los especialistas de la fabricación intermitente. La economía que se obtiene procede del mayor rendimiento por operario, no como consecuencia de jornales horarios más bajos.

Las características negativas de la producción continua son tres:

1. "Dificultad para pasar de la fabricación de unos productos a otros".

Las máquinas y las fábricas especializadas no tienen flexibilidad.

No se pueden introducir cambios en ellas de modo rápido, y desde

luego, no sin gastar una buena cantidad de dinero. Si el producto cam-

bia, o si las demandas del mercado se alteran, esto supone modifica-

ciones costosas en las máquinas y en el equipo fabril. La distribución de la maquinaria, en la fabricación continua, tiene también una cierta rigidez. Los cambios en el diseño del producto pueden suponer el colocar dos máquinas en lugar de una anticuada. Pero la línea ya esté montada y ocurre con frecuencia que no hay espacio libre para una nueva máquina extra. Las líneas de máquinas y las transportadoras de recorrido fijo que llevan consigo son también caras de cambiar. Los cambios en las operaciones afectan, algunas veces, a los tiempos invertidos en la realización de las mismas. A menos que todas las operaciones sean afectadas por igual, estos cambios rompen el equilibrio de trabajo entre las máquinas, ya que trabajan a diferente ritmo y así, algunas producen atascos, mientras que otras trabajan sólo parte del tiempo.

2. "Vulnerabilidad a las interrupciones del trabajo"

El segundo punto débil de la producción continua es su gran vulnerabilidad a las interrupciones del trabajo. Puesto que todas las operaciones se hallan engranadas, más o menos, unas con otras, como si se tratase de una sola máquina gigante, una parada en cualquier punto, por cualquier motivo es asunto serio; la fábrica entera puede tener que parar en cuestión de pocos minutos. Las paradas son muy caras por la inactividad de los operarios, por la paralización de máquinas, por las pérdidas de producción y, en algunos casos, por los materiales estropeados.

3. "Rigidez en el ritmo de producción"

Un tercer punto débil de la fabricación continua es la relativa rigidez del ritmo de producción. Todas las operaciones están engranadas unas con otras, y las máquinas están proyectadas para producir a una marcha determinada. Es difícil conseguir más producción, excepto si la línea entera trabaja más horas. Con las reducciones sucede lo mismo, no se puede obtener menos producción a no ser que se acorten las horas de trabajo.

Esto no siempre es cierto en las líneas continuas de montaje. En las industrias electrónicas de fabricación de radios, y en muchas otras, el montaje es, en gran parte, trabajo manual; consiste en poner cables, soldar conexiones, adaptar unas piezas a otras, poner tornillos, remaches, etc.

Los empleados utilizan herramientas de mano. Se puede incrementar o reducir, la producción de la línea de montaje, simplemente cambiando el número de operarios a lo largo de la línea.

Examen sobre la conveniencia de la elección entre el sistema de producción intermitente (ó en lotes) y la producción continua (ó de cadena)

Es posible que seamos inducidos a pensar en un número límite de elementos donde es indiferente el empleo de uno de los dos sistemas: de lotes, o continuo.

En realidad no existe un límite bien definido.

Sin embargo destacamos lo siguiente:

- (a) La producción en lotes y el montaje en lotes es conveniente para pequeñas cantidades de productos.
- (b) La producción continua y el montaje continuo es conveniente para medias y grandes cantidades de productos.
- (c) En cada caso la producción continua rinde más que la de lotes porque todos los operarios, en sus puestos de trabajo, repiten metódicamente, como máquinas, las mismas operaciones y las mismas fases cientos de veces al día; los individuos, por consiguiente, se adiestran en la manipulación de los utilajes y herramientas hasta el punto de cumplir la sucesión de los movimientos con una facilidad de autómatas y empleando, hasta ciertos límites, los tiempos siempre más bajos.

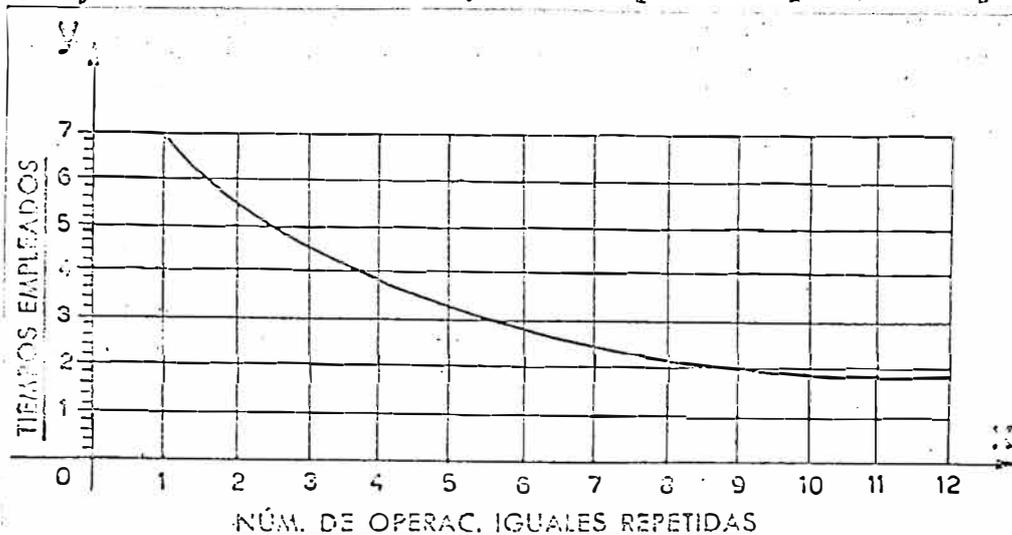


fig 1.

La imposición de uno de los dos sistemas de producción debe hacerse en base a dos factores principales: tiempo y cantidad. En otros términos, es necesario saber en cuanto tiempo se debe fabricar una cantidad de productos, del mismo deriva el número de éstos a producir en ocho horas y por tanto la "cadencia" (o sea un producto en cierto número de minutos).

Este es el requisito de carácter comercial, porque se presupone de colocar en el mercado un determinado número de productos al año. Con el citado presupuesto entran en funciones los técnicos para la realización del plan de producción. Como siempre, es necesario realizar el ciclo de fabricación de cada pieza que constituye el producto, además del cálculo del tiempo para cada operación. Para tener una orientación en la elección de uno de los dos sistemas de producción es necesario hacer los cálculos con el tiempo y la cantidad de productos a fabricar. Llamando con:

T_t = Tiempo total en minutos, necesario para desarrollar una operación en una pieza y con una determinada máquina;

N_p = N° de operaciones iguales requeridas en ocho horas.

N'_p = N° de operaciones iguales que se puedan efectivamente desarrollar en ocho horas con un operario y con una máquina.

480 = Número de minutos en ocho horas.

Se tendrá:

$$N'_p = \frac{480}{T_t}$$

De la cual podrá verificarse:

1) $N'_p > N_p$

2) $N'_p < N_p$

3) $N'_p = N_p$

En el caso 1) el número de operaciones iguales que se pueden desarrollar en ocho horas es mayor que el requerido, por lo que un mismo operario podría realizar otra operación con otro utilaje en la misma pieza o en una pieza diferente; es necesario, para esta resolución, cambiar el utilaje de la máquina.

Según el tipo de máquina-herramienta el cambio de utilaje puede efectuarse rápidamente o bien se requiere mucho tiempo. En este último caso no conviene realizar la producción del día, para lo cual es mejor orientarse hacia la producción en lotes. Téngase presente que existen algunas máquinas (como las fresadoras, tornos automáticos, tornos semiautomáticos, dentadoras) que requieren mucho tiempo para el montaje de los utilajes y herramientas; otras máquinas-herramientas (como las taladradoras) admiten un cambio más fácil de las herramientas y utilajes, es decir, requieren un tiempo pasivo mínimo.

En el caso 2) el número de las operaciones iguales (y por tanto de piezas) que se pueden desarrollar en ocho horas es menor que el requerido, para lo cual podrá ser necesario: o construir un utilaje que permita efectuar una producción mayor, o emplear más de una máquina y por tanto más de un operario para cumplir operaciones iguales.

Para el caso 2) es conveniente por tanto orientarse hacia la producción continua (después de haber adoptado los acuerdos sugeridos).

En el caso 3) el número de operaciones realizables en una jornada normal corresponde a la demanda para lo cual, teniendo una producción completamente absorbida, es también conveniente orientarse hacia la producción continua.

Es natural que, para tener una orientación decisiva de elección, es necesario hacer el citado examen para las diversas operaciones de las distintas piezas, teniendo también en cuenta el personal disponible en el taller, maquinaria y la carga de las máquinas, además de la ubicación de la maquinaria misma. (Si es necesario, las máquinas se pueden colocar en la posición más adecuada).

Cada vez que se debe imponer un plan de producción entran en juego muchos factores, por lo que no es posible, con las sencillas fórmulas matemáticas, establecer con precisión si es mejor producir en lotes o en cadena. No deben excluirse los sistemas mixtos, o sea: fabricación en lotes para aquellas piezas donde no es beneficiosa la producción de la jornada,

y fabricación en cadena para aquellas piezas que la admiten. Podrían también producirse los casos en donde es más conveniente la fabricación en lotes para las máquinas-herramientas y en cadena para el montaje.

Elección de la máquina-herramienta.

Luego de detallar las características de los sistemas de producción, pasaremos a determinar en base al aspecto de la superficie que recubre a la pieza, de sus dimensiones, de la calidad del material que la constituye, etc. Si la forma puede ser directamente definida sin arranque de viruta o con arranque de viruta; en este último caso puede ser necesario dar una forma preventiva, dejando un exceso de material sobre cada superficie a trabajar; limitaremos nuestro estudio a la definición de formas mediante el arranque de viruta, en razón a las limitaciones de espacio para el presente trabajo.

Para la realización de las distintas superficies se requieren herramientas especiales, que se aplican a las respectivas máquinas herramientas. Estas máquinas, para satisfacer todas las exigencias debidas a la formación de los distintos elementos, actúan para crear superficies cilíndricas, planas o per-filadas, lo cual se obtiene por medio de movimientos combinados de los órganos porta-herramientas y porta-pieza de la máquina.

Para poder definir la forma de un elemento pueden ser necesarias diversas operaciones mecánicas a desarrollar en varias máquinas.

La elección de la máquina-herramienta, que satisfaga las exigencias tecnológicas, debe hacerse de acuerdo con los siguientes factores:

a) Según el aspecto de la superficie que se desea obtener

En efecto, con relación a la forma de las distintas superficies parciales simples, pertenecientes a un elemento a mecanizar, se deben deducir los movimientos hipotéticos de la herramienta y de la pieza, como es sabido, en una máquina-herramienta se distinguen dos movimientos principales: movimiento fundamental (para seguir la superficie)

y movimiento de alimentación (para el arranque de viruta) puesto que cada máquina-herramienta desempeña las funciones características que la distinguen, resulta evidente su elección. Es natural, por ejemplo, que la formación de un sólido de revolución, que se origina por rotación alrededor de un eje, no podrá obtenerse si no es por medio de una máquina de movimiento rotativo continuo (como el torno), la cual permite la rotación de la pieza alrededor de su eje y consiente el movimiento longitudinal y transversal de la herramienta. Con los mismos criterios deberemos admitir la mecanización de un plano que normalmente se desarrolle sobre una máquina de movimiento rectilíneo alternado (como la cepilladora); tal operación, en caso excepcional, se puede también realizar en una máquina de movimiento circular continuo (como el torno), disponiendo el plano a trabajar normalmente al eje de rotación y moviendo la herramienta transversalmente; pudiendo efectuarse de igual forma este mecanizado en la fresa.

b) Según las dimensiones del elemento a someter a la operación establecida previamente.

No basta haber definido genéricamente la máquina, sino que es necesario también limitar el campo de la elección en relación a la potencia que deberá ser absorbida durante el arranque de viruta; potencia que estará en función de la velocidad de corte, del avance, de la profundidad de la pasada y de la dureza del material a trabajar.

c) Según la cantidad de piezas a producir

También es un factor de orientación en la elección de la máquina-herramienta; sugiere el empleo de una, la más adecuada, entre los de tipo corriente, semiautomático, automático o especial. (En general se emplean máquinas corrientes para producciones pequeñas y máquinas especiales automáticas para producciones grandes).

d) Según la precisión requerida

Con este factor se está en condiciones de elegir definitivamente la máquina adecuada.

No hace falta de oír que para trabajos de precisión deberán emplearse las mejores máquinas con suficiente capacidad para acabar las superficies con las dimensiones de tolerancia.

En general, las máquinas-herramientas pueden trabajar "en rotación" o "en plano", según se muestra en las Figs. 2 y 3

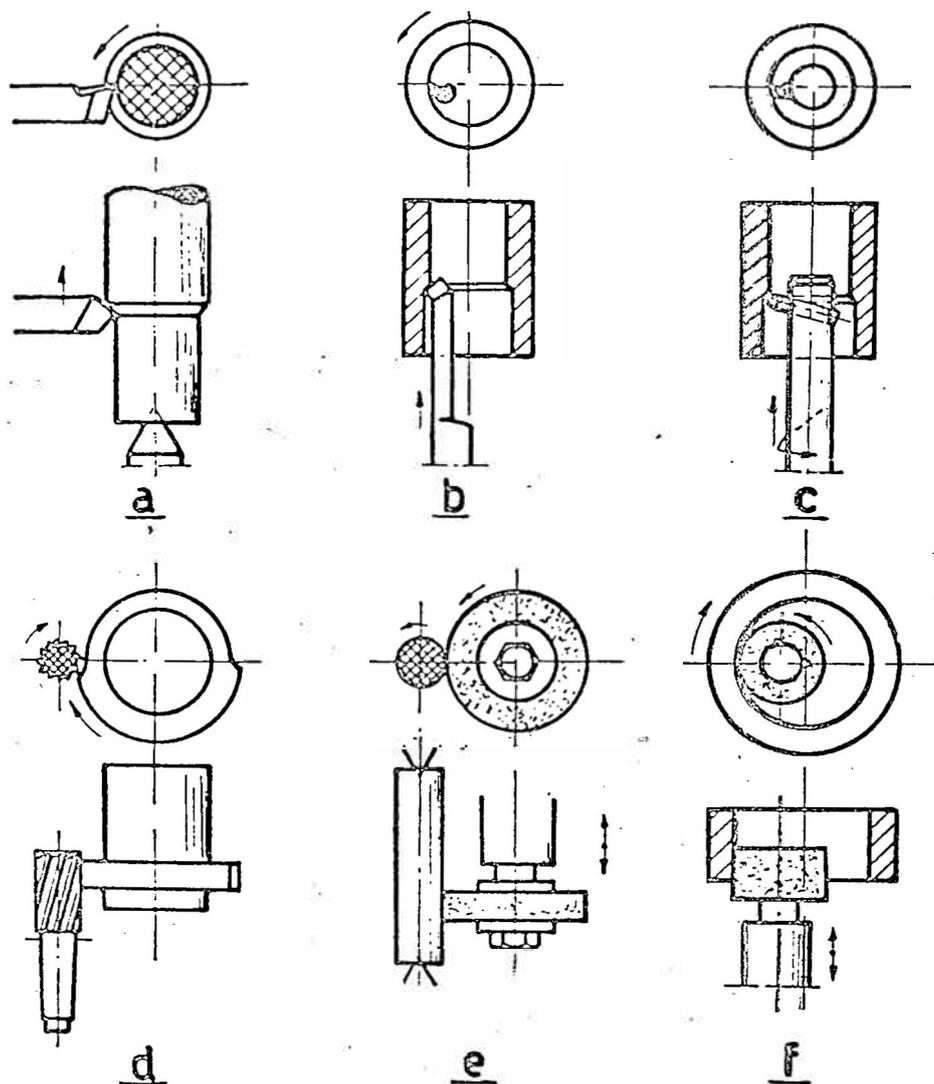


Fig. 2 : Algunos ejemplos de operaciones circulares en las máquinas-herramientas.

a, torneado exterior; b, torneado interior; c, mandrinado; d, fresado periférico; e, rectificado exterior; f, rectificado interior.

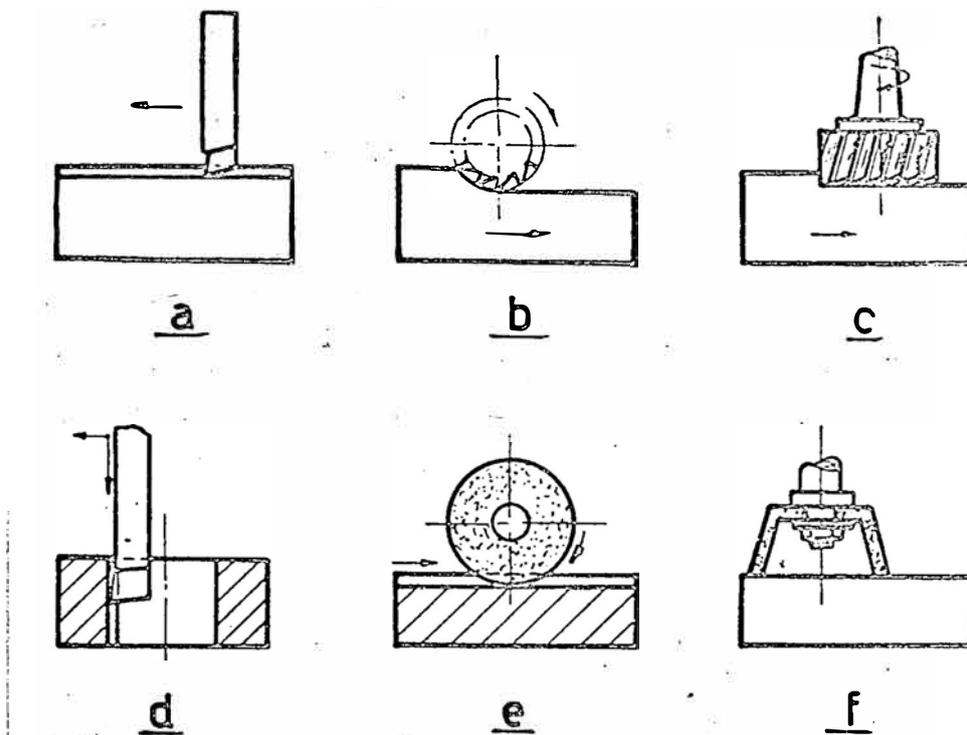


Fig. 3 : Algunos ejemplos de operaciones planas en las máquinas-herramientas.

a, planeado o limado; b, fresado con fresa cilíndrica; c, fresado con fresa frontal; d, mortajado de una ranura en un agujero; e, rectificado con muela de disco; f, rectificado con muela de copa.

Las máquinas herramientas se subdividen en un gran número de tipos y se distinguen por las funciones que desempeñan. Un mismo género de máquina se puede subdividir en: semi automático, horizontal, vertical, universal, para trabajos exteriores, para trabajos interiores, etc.

Un torno, por ejemplo, puede ser: paralelo, semi automático, automático, de patrón, etc.; una fresadora: horizontal, vertical, universal, para engranajes, etc.; una rectificadora: para exteriores, para interiores, para planos, etc.; una taladradora: sensitiva, de columna, radial, etc.

Es evidente el gran número de características que tenemos a nuestra disposición para elegir la máquina adecuada para una determinada fabricación. Sin embargo, muchas veces ocurre que, a pesar de ser patente la ventaja técnica de hacer un elemento con un torno A de un deter-

minado tipo, se está obligado a prever el desarrollo de la fabricación en otro torno B, el cual, por no ofrecer las características requeridas, resulta poco conveniente; esto puede ocurrir por razones debidas al exceso de carga de la máquina "A" ó, sencillamente, a su falta; el inconveniente técnico es fácil de comprender. En la elección de una máquina herramienta se ha de tener en cuenta el concepto de fijar para la misma los elementos de dimensiones respectivamente proporcionales, es decir: A una máquina de gran potencia no conviene asignarle una operación que requiera una potencia pequeña, y viceversa. Resulta claro que en el primer caso se obtiene una disminución del rendimiento de producción, y en el segundo caso (operaciones que requieran gran potencia realizadas en máquinas de poca potencia), un desajuste de la máquina, con daños inmediatos por vibraciones y el efecto consiguiente de un excesivo desgaste de los organos solicitados. Para no forzar la máquina sería necesario realizar pequeñas pasadas, pero disminuiría, naturalmente, la producción.

Conveniencia de la elección de una máquina-herramienta en función de la cantidad de piezas a producir.

Es natural que un determinado elemento, al poderse realizar con diversos tipos de máquina, sea objeto de examen desde el punto de vista económico. Una pieza cualquiera, de hecho, puede ser realizada en una máquina común, semiautomática, automática o especial. Suponiendo tener todas estas máquinas a disposición se deberá decidir, en base a un balance económico de conveniencia, cual será el tipo de máquina-herramienta más rentable para tal producción. En líneas generales es válida la siguiente regla: entre dos máquinas-herramientas para desarrollar un mismo trabajo es más rentable la que requiere un mayor tiempo de preparación. En otros términos: el mayor trabajo que requiere la preparación de una máquina, respecto a otra concurrente, es recompensado por una mayor producción. Esta regla resulta evidente cuando se piensa que una máquina-herramienta, para que sea más rentable, presenta unos automatismos que, para ser puestos a punto en un determinado trabajo, requieren un mayor tiempo de regulación

y emplazamiento de las herramientas u otros utilajes. Está claro que resulta conveniente gastar este mayor tiempo de preparación dentro los límites de una determinada cantidad de piezas por debajo de la cual será conveniente entonces elegir la máquina-herramienta común. La elección no puede hacerse según una estima arbitraria, sino según un balance económico que expondremos más adelante. Supondremos que, para simplificar los cálculos, admitimos soportar un gasto igual para la utensiliaría, lo mismo para un tipo de máquina que para el otro, por lo que este valor no será considerado en la comparación; también los diversos costes de la máquina concurrentes no serán considerados en el balance económico que exponemos, por cuanto la amortización de la maquinaria forma parte de los gastos generales con los cuales se computa el coste/hora de la mano de obra. Supondremos que queremos comparar los costes de producción de un cierto elemento que puede, indiferentemente, construirse con una máquina A de rendimiento menor que con una máquina B de rendimiento mayor. Llamamos con:

T_A = Tiempo en minutos necesario para preparar la maquina "A" de rendimiento menor.

T_B = Tiempo en minutos necesario para preparar la máquina "B" de rendimiento mayor.

t_A = Tiempo en minutos necesario para producir una pieza con la máquina "A".

t_B = Tiempo en minutos necesario para producir la misma pieza con la máquina "B".

C_m = Coste de la mano de obra (comprendido gastos generales).

C_A = Coste total de la pieza mecanizada con la máquina "A".

C_B = Coste total de la pieza mecanizada con la máquina "B".

n = N° de piezas a producir.

Se tiene, haciendo los balances económicos.

$$C_A = \left(t_A + \frac{T_A}{n} \right) C_m$$

$$C_B = \left(t_B + \frac{T_B}{n} \right) C_m$$

Transformando oportunamente se tiene:

$$C_A = \left(\frac{t_A \times n}{n} + \frac{T_A}{n} \right) C_m$$

$$C_B = \left(\frac{t_B \times n}{n} + \frac{T_B}{n} \right) C_m$$

o bien:

$$C_A = \frac{(t_A \times n + T_A)}{n} C_m \quad (\text{en } S) \quad (1)$$

$$C_B = \frac{(t_B \times n + T_B)}{n} C_m \quad (\text{en } S) \quad (2)$$

Existirá un número "n" de piezas para el cual es indiferente emplear una máquina u otra. Se verifica cuando $C_A = C_B$; por tanto, se pueden igualar las dos fórmulas (1) y (2)

$$\frac{(t_A \times n + T_A)}{n} C_m = \frac{(t_B \times n + T_B)}{n} C_m$$

o sea: $t_A \times n + T_A = t_B \times n + T_B$

$$t_A \times n - t_B \times n = T_B - T_A$$

haciendo "n" factor común: $(t_A - t_B)n = T_B - T_A$

$$n = \frac{T_B - T_A}{t_A - t_B} \quad (3)$$

Con la fórmula (3), estableciendo a prior; una diferencia posible $T_B - T_A$ en minutos, y haciendo variar el denominador; se obtienen unos valores que, recogidos en un sistema de coordenadas (abscisa $t_A - t_B$ y ordenada n), dan un diagrama como el de la Fig. 4, que contiene tantas curvas como diferencias $T_B - T_A$ se han considerado. En otros términos: se establece una diferencia $T_B - T_A$ que se pone en el numerador de la fórmula (3); sucesivamente se ponen uno a uno, en el denominador, los valores crecientes que presuponen otras tantas diferencias $t_A - t_B$ de tiempos en minutos centesimales. Al final del desarrollo de cada cálculo se señalan los distintos puntos retenidos a las coordenadas, si se unen convenientemente los citados puntos se obtiene un diagrama que permite determinar rápidamente el número de piezas "n" límite.

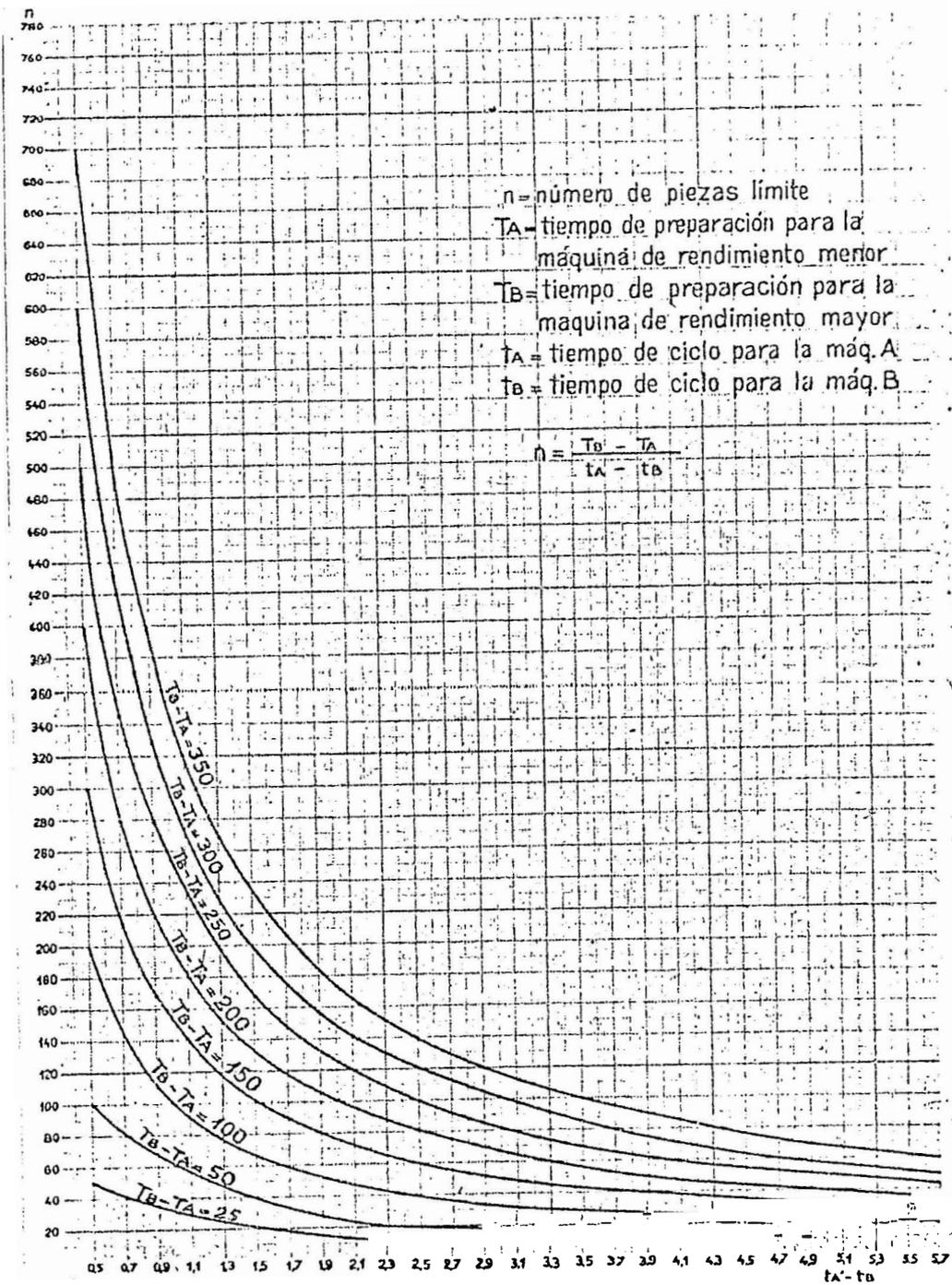


Fig. 4: Diagrama para la elección de la máquina-herramienta más conveniente en función de la cantidad de piezas a producir, del tiempo de preparación máquina y del tiempo de ciclo.

Puesto que las piezas a fabricar son 30, se deberá elegir el torno semi-automático. Con el torneado de las primeras 10 piezas no se obtendrá ninguna ventaja, pero después, para las restantes $(30 - 10) = 20$ piezas se ahorrarán en total:

$$(t_A - t_B) 20 = (6' - 2') 20 = 80'$$

Importancia de los diagrama carga-máquinas

El diagrama carga-máquina es un gráfico, por medio del cual es posible leer, con facilidad, el número de horas que deberá absorber una determinada máquina-herramienta preparada para la ejecución de una o varias operaciones mecánicas correspondientes a un mismo grupo o a otros grupos de piezas iguales.

El diagrama debe ser preparado de forma que se haga absorber, a las máquinas, el mayor número posible de horas establecido de antemano en los programas. Con los mismos conceptos pueden establecerse diagramas para las operaciones de agujereado, fresado, rectificado, corte, etc. empleando las máquinas adecuadas. Con esta representación será posible definir cuándo principia y cuándo termina una determinada operación en cada máquina; también será posible determinar si el N° de máquinas disponibles en el taller es suficiente para despachar una determinada cantidad de piezas en un cierto N° de días prefijados. En el caso de "producción continua" es natural que a cada máquina le será asignada siempre la misma operación; en este caso el diagrama de carga se refiere a un mismo elemento; por tanto, deberán realizarse tantos diagramas como máquinas haya.

De todo lo expuesto, aunque esquemáticamente, se vislumbra la utilidad y ventajas que pueden obtenerse económicamente porque, eliminando los empirismos, las sorpresas, las improvisaciones, etc.; se ahorrará todo el tiempo que debería emplearse para remediar los inevitables errores de volumen derivados de una mala organización.

La parte espinosa, se entiende, consiste en tener que determinar exactamente los tiempos de producción; para desarrollar esta labor se precisan personas técnicas de probada capacidad, que sean capaces de establecer analítica y prácticamente previsiones exactas.

Ventajas prácticas

Los diagramas carga-máquinas, además de ofrecernos la ventaja de realizar una distribución de trabajo con precisión matemática, permitan controlar la producción diaria. Para este fin debe recurrirse a los jefes de sección, los cuales deben procurar hacer respetar la previsión expresada en los diagramas.

Por razones obvias no será posible, en ciertas fabricaciones, tener una coincidencia con las previsiones; por ejemplo: puede suceder que para realizar 100 piezas sean necesarias 1 ó 2 horas de más o de menos de lo previsto. Si en los días sucesivos se tiende a restablecer el equilibrio todo entrará dentro de la normalidad. Por el contrario, puede darse el caso de que la diferencia entre la producción práctico y la teórica se mantenga constantemente deficitaria. En este caso, el jefe de sección debe dar en seguida la alarma a fin de encontrar la raíz del mal. Los responsables deben comprobar si las causas son atribuibles a uno de los siguientes factores:

- (a) Velocidad de corte inferior a la prevista
- (b) Avance más pequeño que el previsto
- (c) Máquina defectuosa o inadecuada
- (d) Utilaje defectuoso o inadecuado
- (e) Herramientas con ángulos de corte irracionales
- (f) Falta de habilidad, descuido o negligencia del que realiza el trabajo
- (g) Otras causas

Si no se produce ninguna de las citadas deficiencias, es natural que deba buscarse el error en la previsión, en dicho caso es oportuno requerir las debidas correcciones del tiempo de producción. Si se verifica una sola de las citadas deficiencias, se origina un desfasamiento de producción y, por tanto, un retraso de consignas. Las personas responsables deben proceder inmediatamente a la eliminación de todos aquellos defectos eventuales de la preparación, proponiendo modificaciones, perfeccionamientos, etc. debe tenerse presente que una sola deficiencia puede dar lugar a graves inconvenientes, además de diferir los tiempos previstos.

Por ejemplo: si las herramientas tienen los ángulos de corte inadecuados, no permiten una racional producción de viruta; en consecuencia, se calientan excesivamente y pierden fácilmente el filo de corte, rompiéndose. Estas irregularidades no deben producirse en un taller bien organizado.

De esta breve exposición es fácil darse cuenta de las ventajas económicas que se tendrían si en cada taller mecánico se adoptasen los "diagramas carga-máquinas".

Incidencia del aspecto de Tolerancias, en el tiempo de Mecanizado y en los costos de manufactura.

Se entiende por tolerancia, la cantidad de variación permitida al tamaño, forma, acabado superficial y posición de puntos y superficies, por consiguiente, la elección de tolerancias es de gran importancia, ya que en parte decide el proceso de fabricación. De la conveniente elección de las tolerancias dependerá el costo óptimo de la calidad.

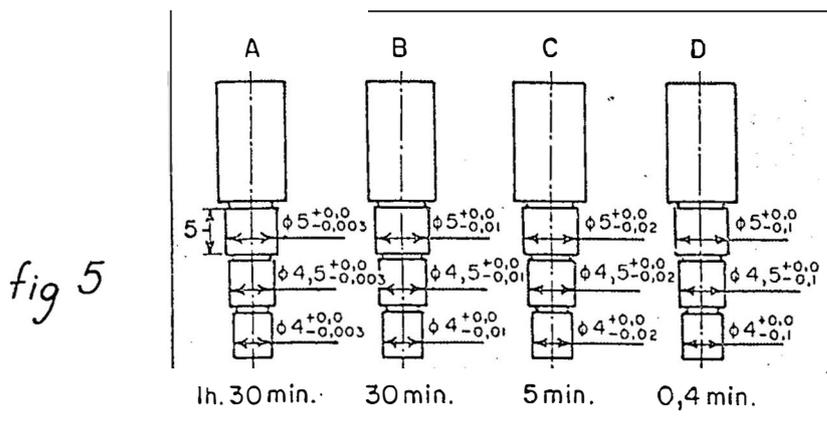
La elección de la tolerancia puede implicar la utilización de máquinas especiales o sino la adquisición de nuevas máquinas-herramientas, instrumentos y también mano de obra especializada. Por eso al elegir la tolerancia el proyectista debe tratar de hacer un balance entre el costo de la calidad y el valor de dicha calidad.

Las fuentes que permiten la elección de una tolerancia, técnica y económicamente producible, son las siguientes:

Práctica anterior

Experimentos

Regateo



La tolerancia y los Costos

La Fig. 5 (a, b, c, d) representan el mismo objeto con varias tolerancias y tiempos necesarios para producirlos. Las tolerancias aplicadas en (a) son tolerancias utópicas en la producción en serie, y se pueden obtener sólo en la preparación de calibres o instrumentos especiales con máquinas rectificadoras.

Las tolerancias acotadas en (b) son muy difíciles de obtener en producción en serie, ya que sólo se consiguen con máquinas rectificadoras o tornos automáticos especialmente arreglados para la producción individual y por consiguiente tienen un alto costo.

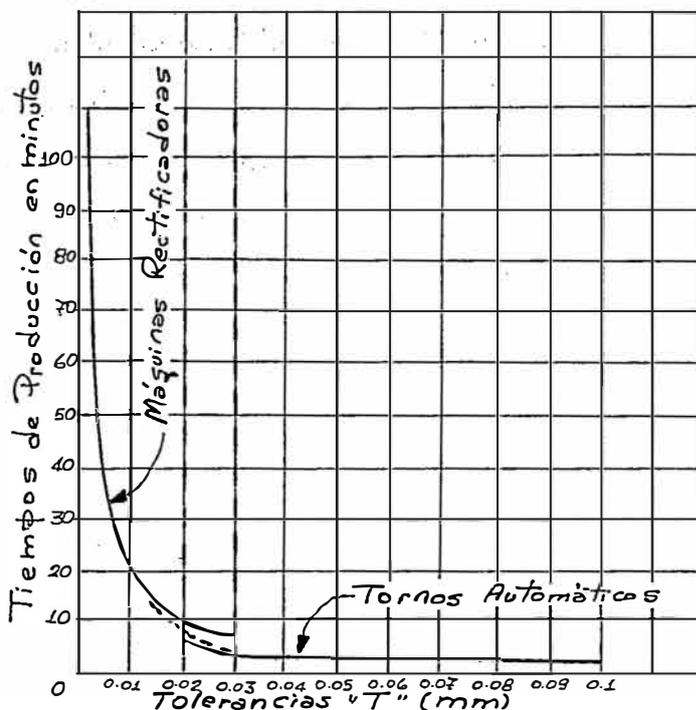
En (c) llegamos a la mínima tolerancia factible en producción en serie con torno automático. Indudablemente esto se obtiene con mucho cuidado en la calibración de la máquina y controlando aproximadamente una de cada 30 piezas elaboradas.

En (d) se representa una tolerancia conveniente bajo el punto de vista del costo.

La diferencia de tiempo empleado en la fabricación en serie desde (a) hasta (d) habla por sí sola de un factor importantísimo en la fabricación, es decir, tiempo empleado - el que representa costo.

La operación efectuada en la pieza (a) cuesta 200 veces más que la misma efectuada en la pieza (d). Obsérvese que sólo difieren en el valor de las tolerancias que son: 0.003 y 0.1 mm.

fig. 6



La influencia de la tolerancia T sobre el tiempo de producción o el costo, está indicada en la Fig. 6, para el perno fabricado con torno automático y máquina rectificadora.

Observando el diagrama en la Fig. 6, se puede apreciar que para tolerancias mayores de 30 micrones se pueden usar tornos automáticos comunes y el costo variará poco.

Para tolerancias menores de 20 micrones se deben usar máquinas rectificadoras; al mismo tiempo se puede apreciar cómo aumenta enormemente el tiempo de producción a medida que disminuye la tolerancia.

Este diagrama es muy parecido a una curva hiperbólica, y mediante su uso se puede determinar teóricamente la influencia de la tolerancia en el costo de producción (C_p) mediante la siguiente fórmula aproximada:

$$C_p = a \times b \times (T - 0.001)^{-1} \times \left(0.75 + \frac{L}{100}\right) \times [f(d)]$$

Siendo:

T = Tolerancia en mm.

L = Largo del perno a fabricar en mm.

f(d) = La influencia de la magnitud del diámetro en el precio:

d (mm)	2 hasta 6	6 hasta 10	10 hasta 18	18 hasta 30
f(d)	1	1 a 1.1	1.1 a 1.2	1.2 a 1.35

b = Costo horario de producción

a = Coeficiente empírico, dependiente de la calidad del material y tipo de máquina empleada.

Para máquinas automáticas y acero a = 0.0009

Para máquinas especiales y acero a = 0.003

Ejemplo: Consideramos la fabricación de un perno de 5 mm. de diámetro.

L = 25 mm.,

b = S/ 240.00/hora

Para tolerancia de 0.1 mm. el costo será:

$$C_p = (0.0009) (240) (0.1 - 0.001)^{-1} \times \left(0.75 + \frac{25}{100}\right) (1)$$

$$= \frac{0.0009 \times 240}{0.099} = S/ 2.18$$

Para tolerancia de 0.003 mm. el costo será:

$$C_p = (0.003) (240) (0.003 - 0.001)^{-1} \left(0.75 + \frac{25}{100}\right) (1)$$

$$C_p = \frac{0.003 \times 240}{0.002} = \text{\$/ } 360.00$$

Se puede apreciar con este simple ejemplo cuántas veces aumenta el costo de una pieza con relación a las tolerancias, lo que nos indica bien a las claras las enormes pérdidas que puede ocasionar una tolerancia mal aplicada.

Es posible, sin embargo, fabricar piezas con tolerancias más exactas y con un precio más bajo que el obtenido por medio de la fórmula indicada más arriba, siempre que se pueda aplicar un método especial de fabricación o usando una rectificadora automática.

Las tolerancias de fabricación bien establecidas influyen no sólo en el aumento de la eficiencia de producción, sino también en el buen funcionamiento e intercambiabilidad de las piezas y conjuntos.

La intercambiabilidad significa que las piezas construídas para un mismo fin y en las mismas condiciones pueden sustituirse mutuamente, sin ningún ajuste especial.

Para la ejecución de piezas intercambiables se hace necesario la aceptación de ciertas discrepancias en cuanto a los niveles de calidad pre-establecidos (tolerancia).

La intercambiabilidad exige costos adicionales por las siguientes causas:

Esfuerzo técnico adicional para lograr la intercambiabilidad.

Esfuerzo técnico complementario para ordenar la fabricación.

Mayor precisión en las máquinas-herramientas e instrumentos de medición.

Mayor control en la fabricación de las piezas componentes.

Por otro lado la intercambiabilidad permite reducir los gastos, debido a las siguientes causas:

Requiere menos habilidad del operador para lograr el ajuste de las piezas componentes.

Requiere menos tiempo para el montaje.

Los costos de mantenimiento son más bajos

Influencia de las características de corte en el tiempo de mecanizado y en los costos de manufactura.

La selección de la velocidad de corte correcta tiene un valor importante sobre los factores económicos de todas las operaciones del corte de los metales. Afortunadamente, la velocidad de corte correcta puede ser estimada con exactitud razonable de las gráficas de duración de la herramienta o de la "Relación sobre la duración de la herramienta, de Taylor", siempre que sean obtenibles los datos necesarios.

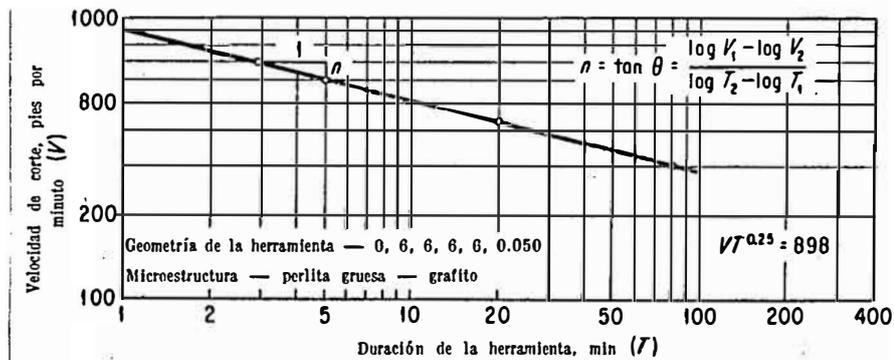


fig. 7

En la Fig. 7 se muestra una gráfica sobre duración de la herramienta. El log. de la duración de la herramienta, en minutos, se grafica contra el log. de la velocidad de corte, en pies por minuto. La curva resultante es casi una línea recta en la mayor parte de los casos. Para todos los propósitos prácticos se le puede considerar una línea recta.

Esta curva se expresa por la ecuación siguiente:

$$VT^n = C \quad (1-1)$$

Donde:

V = Velocidad de corte (pies/minuto)

T = Duración de la herramienta (mint.)

C Una constante igual a la intercepción de la curva y de la ordenada o de la velocidad de corte - en realidad es la velocidad de corte para un minuto de duración de la herramienta.

$$n \quad = \quad \text{Pendiente de la curva } (n = \text{tg } \phi) \quad = \quad \frac{\log V_1 - \log V_2}{\log T_2 - \log T_1}$$

Los valores de "n" y "c", para diferentes materiales de trabajo y de herramientas se muestran en la tabla 1-6 (Fig. 8)

TABLA 1-6 ECUACIONES MOSTRANDO LA RELACION η

TABLA 1-6. ECUACIONES MOSTRANDO LA RELACION ENTRE LA VELOCIDAD DE CORTE Y LA DURACION DE LA HERRAMIENTA PARA VARIOS MATERIALES Y CONDICIONES DE LA HERRAMIENTA¹

No.	Herramienta		Material de la pieza de trabajo	Tamaño del corte, plg		Fluido para corte	VT ⁿ = C	
	Material de la herramienta	Forma		Profundidad	Avance		n	C
1	Acero de alto carbono	8, 14, 6, 6, 6, 15, 3/64	Latón amarillo (0.60 Cu, 0.40 Zn, 0.85 Ni, 0.006 Pb)	0.050	0.0255	En seco	0.081	242
2				0.100	0.0127	En seco	0.096	299
3	Acero de alto carbono	8, 14, 6, 6, 6, 15, 3/64	Bronce (0.90 Cu, 0.10 Sn)	0.050	0.0255	En seco	0.086	190
4				0.100	0.0127	En seco	0.111	232
5	ACR*18-4-1	8, 14, 6, 6, 6, 15, 3/64	Hierro fundido, ndB** 160	0.050	0.0255	En seco	0.101	172
6			Hierro fundido, níquel, ndB 164	0.050	0.0255	En seco	0.111	186
7			Hierro fundido, Ni-Cr, ndB 207	0.050	0.0255	En seco	0.088	102
8	ACR-18-4-1	8, 14, 6, 6, 6, 0, 0	Acero, SAE B1113 E.F.***	0.050	0.0127	En seco	0.08	260
9			Acero, SAE B1112 E.F.	0.050	0.0127	En seco	0.105	225
10			Acero, SAE B1120 E.F.	0.050	0.0127	En seco	0.100	270
11			Acero, SAE B1120 + Pb E.F.	0.050	0.0127	En seco	0.060	290
12			Acero, SAE 1035 E.F.	0.050	0.0127	En seco	0.110	130
13			Acero, SAE 1035 + Pb E.F.	0.050	0.0127	En seco	0.110	147
14	ACR-18-4-1	8, 14, 6, 6, 6, 15, 3/64	Acero, SAE 1045 E.F.	0.100	0.0127	En seco	0.110	192
15		8, 22, 6, 6, 6, 13, 3/64	Acero, SAE 2340 ndB 185	0.100	0.0125	En seco	0.147	143
16		8, 14, 6, 6, 6, 15, 3/64	Acero, SAE 2345 ndB 198	0.050	0.0255	En seco	0.105	126
17		8, 14, 6, 6, 6, 15, 3/64	Acero, SAE 3140 ndB 190	0.100	0.0125	En seco	0.160	178

18	ACR-18-4-1	8, 14, 6, 6, 6, 15, 3/64	Acero, SAE 4350 ndB 363	0.0125	0.0127	En seco	0.080	181
19			Acero, SAE 4350 ndB 363	0.0125	0.0255	En seco	0.125	146
20			Acero, SAE 4350 ndB 363	0.0250	0.0255	En seco	0.125	95
21			Acero, SAE 4350 ndB 363	0.100	0.0127	En seco	0.110	78
22			Acero, SAE 4350 ndB 363	0.100	0.0255	En seco	0.110	46
23	ACR-18-4-1	8, 14, 6, 6, 6, 15, 3/64	Acero, SAE 4140 ndB 230	0.050	0.0127	En seco	0.180	190
24			Acero, SAE 4140 ndB 271	0.050	0.0127	En seco	0.180	159
25			Acero, SAE 6140 ndB 240	0.050	0.0127	En seco	0.150	197
26	ACR-18-4-1	8, 22, 6, 6, 6, 15, 3/64	Metal monel ndB 215	0.100	0.0127	En seco	0.080	170
27			0.150	0.0255	En seco	0.074	127	
28			0.100	0.0127	Em	0.080	185	
29			0.100	0.0127	SMO	0.105	189	
30	Estelita 2400	0, 0, 6, 6, 6, 0, 3/32	Acero, SAE 3240 recocado	0.187	0.031	En seco	0.190	215
31			0.125	0.031	En seco	0.190	240	
32			0.062	0.031	En seco	0.190	270	
33			0.031	0.031	En seco	0.190	310	
34	Estelita No. 3	0, 0, 6, 6, 6, 0, 3/32	Hierro fundido, ndB 200	0.062	0.031	En seco	0.150	205
35	Carburo (T 64)	6, 12, 5, 5, 10, 45	Acero, SAE 1040 recocado	0.062	0.025	En seco	0.156	800
36			Acero, SAE 1060 recocado	0.125	0.025	En seco	0.167	660
37			Acero, SAE 1060 recocado	0.187	0.025	En seco	0.167	615
38			Acero, SAE 1060 recocado	0.250	0.025	En seco	0.167	560
39			Acero, SAE 1060 recocado	0.062	0.021	En seco	0.167	880
40			Acero, SAE 1060 recocado	0.062	0.042	En seco	0.164	510
41			Acero, SAE 1060 recocado	0.062	0.062	En seco	0.162	400
42			Acero, SAE 2340 recocado	0.062	0.025	En seco	0.162	630

* ACR = Acero para corte rápido.
 ** ndB (número de dureza Brinell).
 *** E.F. = Estirado en frío.

Estos valores son para el avance particular, profundidad de corte y geometría de la herramienta mostrados. Cambios importantes en la geometría de la herramienta, profundidad de corte y avance cambiarán el valor de la constante C y pueden causar un ligero cambio en el exponente "n". En general, n es más una función del material de la herramienta de corte. El valor de n para los materiales comunes de las herramientas de corte es como sigue:

ACR (H.S.S.)	n = 0.1 a 0.15
Carburos	n = 0.2 a 0.25
Cerámica	n = 0.6 a 1.0

La ecc. (1-2) incorpora el efecto del tamaño de corte

$$K = V T^n f^{n_1} d^{n_2} \quad (1-2)$$

Donde:

- K = Constante de proporcionalidad
- f = Avance, pulgadas por revolución
- d = profundidad de corte, en pulgadas
- n₁ = exponente de avance (Valor promedio = 0.5 a 0.8)
- n₂ = exponente de prof. de corte (Valor promedio = 0.2 a 0.4)

La velocidad de corte óptima para una duración de herramienta constante es más sensitiva a los cambios en el avance que a los cambios en prof. de corte. La duración de la herramienta es más sensitiva a los cambios en velocidad de corte, menos sensitiva a los cambios en avance y menos sensitiva a los cambios en profundidad de corte.

Esta relación se muestra por las Figs. 9 y 10

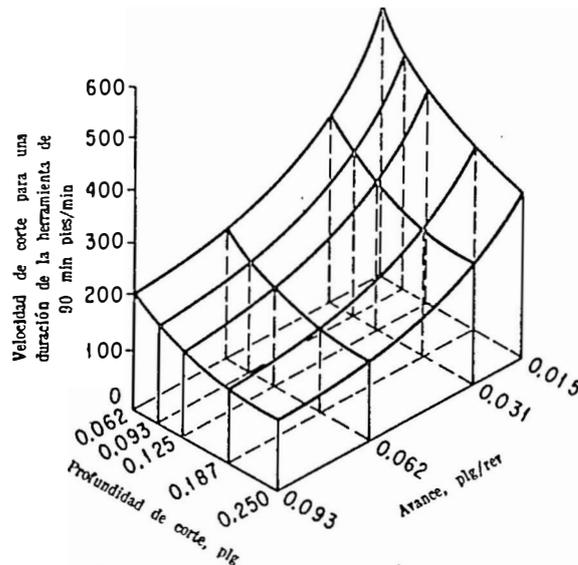


fig. 10

La duración de la herramienta es muy sensitiva a los cambios en la geometría de la herramienta de corte. Sin embargo, las pruebas variando la geometría generalmente no producen curvas que sean consistentes lo suficiente para su interpretación en términos matemáticos, en general, tales como los ya proporcionados. La duración de la herramienta es también muy sensitiva a la microestructura y a la dureza de la pieza de trabajo. Una ecuación aproximada relacionando la duración de la herramienta a la dureza Brinell es:

$$K = VT^{n_1} f^{n_2} d^{n_3} \text{ndB}^{1.25}$$

La micro estructura del metal tiene un efecto más pronunciado sobre la duración de la herramienta que la dureza sola. Es posible tener dos piezas de acero de la misma dureza, pero con diferentes microestructuras. Las dos piezas producirán una duración de herramienta diferente y un distinto acabado de la superficie cuando se maquinen bajo las mismas condiciones de corte.

La duración de la herramienta es también sensitiva al material de la herramienta y al empleo de fluidos para corte. La siguiente ecuación general y las Tablas 1-7 y 1-8, toman en consideración estos factores.

$$V = \frac{K_1}{d^{0.37} f^{0.77}} \times \sqrt[6]{\frac{60}{T}} \times \text{F.C.}$$

Donde:

V = Vel. de corte, pies/min.

K₁ = Constante de proporcionalidad

$\sqrt[6]{\frac{60}{T}}$ = Un factor que corregirá la velocidad de corte desde la obtenida para una duración de herramientas básica de 60 min. a la vel. de corte para la duración de herramienta deseada.

T = Duración de herramientas, minutos

F.C = Factor de corrección para el material de la herramienta.

Las Tablas mencionadas arriba nos proporcionan los valores para K₁, los factores de corrección (F.C.) para diferentes materiales de herramientas.

La Tabla 1-9 enlista los valores para d^{0.37} y f^{0.77}

Aunque las ecuaciones que se acaban de dar predecirán la duración de la herramienta para una velocidad de corte determinado con exactitud razonable, no contestan las preguntas sobre la duración de la herramienta que

TABLA 1-7. VALORES NUMERICOS PARA K_1

Metal a cortar	Para herramienta de acero de corte rápido 18-4-1 y duración de la herramienta de		
	60 min sin fluido para corte, o 480 con fluido para corte	60 min con fluido para corte	480 min sin fluido para corte
Aleaciones ligeras	25.0		
Latón (80-120 ndB	6.7		
Latón fundido	4.2		
Acero fundido	1.5	2.1	1.1
Acero al carbono:			
SAE 1015	3.0	4.2	2.1
SAE 1025	2.4	3.3	1.7
SAE 1035	1.9	2.7	1.3
SAE 1045	1.5	2.1	1.1
SAE 1060	1.0	1.4	0.7
Acero al cromo níquel	1.6	2.3	1.1
Hierro fundido:			
100 ndB	2.2	3.0	1.5
150 ndB	1.4	1.9	1.0
200 ndB	0.8	1.1	0.5

TABLA 1-8. FACTORES DE CORRECCION PARA COMPOSICIONES DE MATERIAL DE HERRAMIENTAS

Tipo	Composición aproximada, %						F.C.
	W	Cr	V	C	Co	Mo	
14-4-1	14	4	1	0.7 -0.8	..	....	0.88
18-4-1	18	4	1	0.7 -0.75	..	....	1.00
18-4-2	18	4	2	0.8 -0.85	..	0.75	1.06
18-4-3	18	4	3	0.85-1.1	..	....	1.15
18-4-1 + 5% Co	18	4	1	0.7 -0.75	5	0.5	1.18
18-4-2 + 10% Co	18	4	2	0.8 -0.85	10	0.75	1.36
20-4-2 + 18% Co	20	4	2	0.8 -0.85	18	1.0	1.41
Carburo sinterizado	..	.	.	.....	..	...	Hasta 5

fig. 11

TABLA 1-9. VALORES NUMERICOS PARA $d^{0.37}$ Y $f^{0.77}$

d	$d^{0.37}$	d	$d^{0.37}$	f	$f^{0.77}$	f	$f^{0.77}$
0.01	0.182	0.25	0.598	0.001	0.004	0.025	0.059
0.02	0.235	0.30	0.640	0.002	0.008	0.030	0.067
0.04	0.305	0.35	0.678	0.004	0.017	0.035	0.075
0.06	0.353	0.40	0.712	0.006	0.019	0.040	0.084
0.08	0.393	0.45	0.744	0.008	0.024	0.045	0.092
0.10	0.427	0.50	0.774	0.010	0.029	0.050	0.099
0.14	0.482	0.75	0.899	0.014	0.037	0.075	0.135
0.18	0.530	1.00	1.000	0.018	0.045	0.100	0.170
0.22	0.571	.....	.....	0.022	0.053		

fig. 12

debería obtenerse para máxima producción o mínimo costo de la parte.

Las siguientes ecuaciones proveerán las respuestas a estas preguntas

Duración de herramienta para producción máxima:

$$T = \left(\frac{1}{n} - 1 \right) K_2$$

Duración de herramienta para costo mínimo de la parte:

$$T = \left(\frac{1}{n} - 1 \right) \frac{(K_2 K_3 + K_4)}{K_3}$$

Donde:

- T = Duración de herramienta, minutos
- n = Inclinación de la curva de duración de la herramienta
- K_2 = Tiempo de cambio de herramienta por herramienta, minutos
- K_3 = Costo de operación de la máquina más gastos generales \$//minuto
- K_4 = Costo del reafilado de la herramienta, \$//borde cortante más costo original de la herramienta, dividido por el N° de bordes cortantes disponibles por herramienta.

CAPITULO III: "EFECTO DEL USO DE DISPOSITIVOS Y PLANTILLAS EN EL TIEMPO DE MECANIZADO Y EN EL COSTO DE MANUFACTURA."

Al examinar los ciclos de fabricación hemos podido entre ver la necesidad de recurrir a ciertos medios auxiliares que permitan sostener la pieza durante el desarrollo de una determinada operación. Dichos medios, que reciben la denominación genérica de "utilajes, dispositivos ó plantillas" representan los auténticos y propios aparatos auxiliares para las operaciones mecánicas. Un dispositivo constituye un grupo autónomo que, según la finalidad, puede ser aplicado a una determinada máquina-herramienta, haciendo más racional su empleo.

Proyectar un dispositivo inherente a una determinada operación consiste, por este motivo, en crear un conjunto de acoplamientos mecánicos, más o menos complicados, adecuados para la elaboración de una determinada parte de la pieza en construcción. El utilaje debe, por tanto, permitir el situar la pieza en la posición deseada (referida a determinadas superficies establecidas de antemano) y mantenerla fija durante todo el tiempo de la operación, a fin de poder efectuar, con las herramientas adecuadas, el arranque del material, sin que la pieza pueda vibrar y resbalar respecto a los órganos del dispositivo que la sitúan y sujetan. "El objeto principal de los dispositivos es el de facilitar los procedimientos de mecanización y reducir los costes de producción."

Para alcanzar lo expuesto es necesario observar las siguientes normas fundamentales:

- (a) Utilizar del modo más racional las máquinas-herramientas
- (b) Reducir al mínimo indispensable los tiempos pasivos necesarios para las distintas maniobras de montaje, sujeción, regulación, medición, etc.
- (c) Hacer las maniobras más fáciles para poder emplear operarios no especializados;
- (d) Aliviar a los operarios de los esfuerzos físicos más pesados
- (e) Hacer posible la intercambiabilidad de las piezas producidas sin recurrir a operaciones preparatorias de trazado y auxiliares de ajuste.

Cuanto mayor sea el número de piezas a producir, mayor es la necesidad de aplicar las citadas normas.

El estudio de los dispositivos debe desarrollarse una vez determinado el programa de fabricación. Las resoluciones de los problemas inherentes los que generalmente son variados; los dispositivos pueden construirse desde diferentes puntos de vista. Los factores esenciales que sugieren un camino a seguir son los siguientes:

1. Importancia de la pieza a fabricar

Con la palabra "importancia" queremos entender un conjunto de valores intrínsecos que puede presentar un elemento en relación a las tolerancias, grado de mecanización de las superficies, etc.; así como las mayores o menores precauciones, cuidados, o habilidades que será necesario emplear para la construcción de la pieza misma. La "importancia" de ese órgano se estima también por la función que deberá desarrollar cuando forme parte del conjunto mecánico previsto. Un cigueñal para motor de combustión interna, por ejemplo, es más importante que una palanca corriente del mismo motor.

Al proyectar dispositivos para piezas de motor de aviación se adoptan principios que son diferentes de los que se aplicarían al proyectar dispositivos relativos a arados y otros elementos. Por tanto, para cada clase de órganos pertenecientes a diversos motores o máquinas, es necesario aplicar conceptos diferentes. La diferencia es notable también si se trata de dispositivos para motores de una misma rama, como, por ejemplo:

- (I) Motores de aviación
- (II) Motores para automóviles de turismo
- (III) Motores para automóviles de carreras, etc.

2. Cantidad de piezas a fabricar

Es evidente que si se tuviera que construir dispositivos complicados (o mejor dicho, que respondieran a cualquier exigencia de rapidez) para realizar una serie de pocas piezas, se elevaría el coste unitario de producción hasta el punto de destruir cualquier beneficio. Por esto, cuando se trata de pequeñas cantidades, es conveniente recurrir a los llamados sistemas de plantillas de "circunstancia" que consistan en adaptaciones provisionales, dejando también la facultad al taller de emplear los dispositivos corrientes disponibles que, generalmente, son de dotación en las máquinas-herramientas. En el caso de que las piezas requieran una cierta precisión y presenten una verdadera dificultad, se estudia el dispositivo aplicando, sin embargo, todos los

medios más simples y menos costosos; perfiles normales en lugar de fundiciones especiales; sujeciones independientes con sencillas bridas, prisioneros y tuercas en lugar de sujetadores simultáneos y rápidos, etc.

3. Producción diaria

Se hablará de producción diaria cuando se trate de fabricar una cantidad importante de piezas o directamente si se trata de producción a "chorro continuo", en estos casos es necesario aplicar sin dudar los medios más idóneos:

- (a) Si es para trabajos de torneado: elegir los tornos, como los automáticos, de revólver, con herramientas múltiples, etc., en los cuales se pueda hacer asignación a la rapidez.
- (b) Si es para trabajos en la fresadora: proyectar los aparatos que permitan poder montar varias piezas y fresarlas en una sola pasada, o aparatos con plataforma giratoria, etc.
- (c) Si es para trabajos en la taladradora: estudiar las aplicaciones para cabezales de varios mandriles; si se trata de agujereados en dos o más tiempos, como, por ejemplo, agujereado, escariado de desbaste, escariado de acabado, proveer los dispositivos giratorios de estaciones. Sobre cualquier máquina en que se establezca la operación es necesario tener siempre presente el principio de la facilidad de montaje y desmontaje de la pieza, de las sujeciones rápidas y a ser posible simultáneas, etc., todo ello para reducir los tiempos pasivos. Si por razones especiales, dependientes de la naturaleza de la pieza, tuviese que ser baja la producción diaria, entonces pierde valor el concepto de la rapidez en el montaje y desmontaje, porque el porcentaje del tiempo pasivo respecto al tiempo total es igualmente pequeño como si fuesen aplicados los dispositivos rápidos de maniobra.

4. Habilidad del personal operario destinado para la producción en serie:

Es un factor que influye sobre la determinación de los dispositivos. Si éstos deben ser manipulados por personal inexperto y joven, es necesario de modo especial, tener en cuenta todos los medios que impidan cualquier posibilidad de error, por ejemplo: el montaje de la pieza en el dispositivo deberá hacerse en una sola posición y siempre la misma; las referencias seguras, centrados semiautomáticos para orientar la pieza; sujeciones sencillas y

proporcionada a fin de evitar deformaciones de las mismas, etc.

Además de todas estas consideraciones es necesario tener presente los tipos de máquinas disponibles para las operaciones, porque con una maquinaria nueva y moderna se podrán hacer unos tiempos diferentes de los que se harían con una maquinaria vieja, anticuada ó, como fuere, irracional. Para las fabricaciones económicas conviene orientar el estudio, siempre que sea posible, hacia un dispositivo para aplicar en la taladradora, porque esta máquina puede maniobrarse con facilidad aún por operarios no especializados y poco expertos. La taladradora, además, ofrece la posibilidad de un cambio fácil de los mandriles mediante acoplamiento rápido, para poder desarrollar diversas fases sin desmontar la pieza.

Balance económico sobre la conveniencia de elección entre dos ó más sistemas de Dispositivos .

Sabemos que un ciclo de fabricación debe ser desarrollado en relación a la cantidad de piezas a producir, y al límite de tiempo para realizarlas. El dispositivo deberá por tanto responder a las citadas exigencias de producción. Se podrán construir los dispositivos mínimos, normales y especiales. Cuanto más grande sea el número de piezas a producir tanto mayor será la necesidad de presupuestar también las máquinas especiales que realizan operaciones mecánicas completas en diversas fases consecutivas. Desde el punto de vista conceptual se puede afirmar que, habiendo construído imaginariamente un cierto número de dispositivos desde el más sencillo al más complicado (hasta la máquina especial) y que ninguno de ellos sea lo suficiente para realizar una misma operación en una misma pieza, los tiempos de producción son inversamente proporcionales al gasto soportado para construir cada uno de dichos dispositivos.

En otros términos, cuanto más completo y racional es un determinado grupo de dispositivos (y por tanto más caro) tanto menor será el tiempo de producción que puede realizarse con los mismos.

En los casos en que se deba desembolsar capitales importantes para la adquisición de máquinas especiales que realizan un solo ciclo de fabricación, es necesario realizar un balance económico del cual debe resultar evidente la conveniencia de orientarse en la elección de un tipo u otro de corriente o especial.

* dispositivo

Para poder realizar el citado balance económico es preciso tener a disposición algunos costes provisionales y el límite de tiempo para la amortización de los dispositivos. Si llamamos con:

C_{DN} = Coste del dispositivo normal.

C_{DE} = Coste del dispositivo especial (o de la máquina especial)

A = N° de años considerados para amortizar el dispositivo

n_p = N° de piezas a producir al día

T_{tDN} = Tiempo total en minutos necesario para realizar una o varias operaciones en una pieza, empleando un dispositivo normal.

T_{tDE} = Tiempo total en minutos necesario para realizar una o varias operaciones en una pieza, empleando un dispositivo especial.

270 = N° de días laborables en un año

C_m = Coste de la mano de obra por minuto, comprendido los gastos generales.

C_{1PDN} = Coste de una o varias operaciones en una pieza, empleando un dispositivo normal y considerando la amortización para un cierto número A de años;

C_{1PDE} = Coste de una o varias operaciones en una pieza, empleado un utilaje especial y considerando la amortización;

Tendremos:

$$C_{1PDN} = \frac{C_{DN}}{270 \times n_p \times A} + T_{tDN} \times C_m \dots \dots (\alpha)$$

$$C_{1PDE} = \frac{C_{DE}}{270 \times n_p \times A} + T_{tDE} \times C_m \dots \dots (\beta)$$

Ejemplo: Se debe someter una cantidad de piezas en bruto a una serie de fases a fin de definir algunas superficies. Del examen referente al modo de realizar el ciclo de fabricación se determina que la serie de piezas pueden ser trabajadas mediante el empleo de algunos dispositivos normales o mediante una máquina especial. Se tienen los siguientes datos:

C_{DN} = S/ 5,000

C_{DE} = S/ 70,000

A = 2 años

n_p = 200 piezas/diarias

T_{tDN} = 10'

T_{tDE} = 3'

C_m = 0.4 S//min.

$$C_{1PDN} = \frac{C_{DN}}{270 \times n_p \times A} + T_{tDN} \times C_m = S/ 4.09$$

$$C_{1PDE} = \frac{C_{DE}}{270 \times n_p \times A} + T_{tDE} \times C_m = S/ 2.50$$

Por las cifras que resultan de este balance económico nos convencemos de lo útil que éste resulta, puesto que hubiésemos sido fácilmente engañados de haber sido impresionados sólo por los costos de los dispositivos. Evidentemente un dispositivo más caro, respondiendo mejor a los requisitos técnicos y a las exigencias de producción, es más rentable, el mayor capital invertido es recuperado con el tiempo.

Límites de conveniencia en la elección entre uno o varios dispositivos y una máquina especial

Antes de decidir la construcción de un tipo de dispositivo o de una máquina especial es también útil buscar el N° de piezas límite según el cual puede ser indiferente la elección de una de las dos soluciones. Si igualamos las fórmulas α y β , tendremos la condición de igualdad de los costes de producción tanto con el utilaje normal como con el especial:

$$\frac{C_{DE}}{270 \times n_p \times A} + T_{tDE} \times C_m = \frac{C_{DN}}{270 \times n_p \times A} + T_{tDN} \times C_m$$

Desarrollamos la igualdad para sacar el término n_p (o sea el número límite de piezas que, en el caso de ser requerido para producir diariamente durante dos años, el utilaje normal y el especial tendrían el mismo rendimiento).

Obtenemos:
$$n_p = \frac{C_{DE} - C_{DN}}{270 \times C_m \times A (T_{tDN} - T_{tDE})}$$

Ejemplo: Disponiendo de los datos del ejemplo anterior

$$n_p = \frac{170,000 - 5,000}{270 \times 0.4 \times 2 \times (10 - 3)} = 43 \text{ piezas/día}$$

Este es el número límite de piezas que produciéndolas diariamente durante dos años, es indiferente al empleo de un dispositivo normal o de una máquina especial. Con el dispositivo normal las 43 piezas vienen producidas en $43 \times 10 = 430'$, o sea en 7h. y 10'; mientras que con la máquina especial las 43 piezas se producen en $43 \times 3 = 129'$, o sea 2h. y 9'.

En este último caso debería tenerse inactiva la máquina durante el resto de las horas del día, pero el operario sería empleado en otras operaciones en otras máquinas. Todos estos cálculos son muy útiles, por cuanto nos ofrecen los factores decisivos para la elección del sistema de utilajes o de máquina especial.

CAPITULO IV : "INFLUENCIA DEL CONTROL DE CALIDAD EN EL TIEMPO DE MECANIZADO."

Dentro del campo de la producción, el "control de calidad" es una función amplia de fiscalización, que compromete al producto a un exhaustivo enjuiciamiento, desde el momento de su concepción hasta cuando el producto es entregado al cliente, pasando a través del proceso de fabricación. En otras palabras el "control de calidad" es un sistema de "inspección, análisis y acción" aplicado a un proceso fabril, de manera que "inspeccionando" una pequeña porción del producto corrientemente producido pueda efectuarse un "análisis" de su calidad para determinar qué "acción" correctiva hay que aplicar a la operación con el fin de lograr y mantener el nivel de calidad deseado. Este sistema requiere que el departamento de control de calidad inspeccione una porción relativamente pequeña del producto, tal como es producido, para evaluar su calidad. El valor de dicha calidad se analiza y los resultados de este análisis se dan a conocer. Por lo tanto es responsabilidad de los supervisores emprender la acción correctiva necesaria para modificar la operación productiva, con objeto de que produzca artículos de la calidad deseada. No basta producir, sino lograr que la calidad de los productos esté comprendida dentro de los límites de calidad prescritos o requeridos, tal como están indicados en las especificaciones u otras normas de fabricación. Es, pues, en consecuencia, necesario que los resultados de la inspección vayan acompañados de la acción apropiada para controlar la operación productora.

El diccionario define "Controlar" diciendo que es "ejercicio de una influencia directriz" y mantener dentro de límites, vigilar. El control de calidad implica que ésta será controlada o mantenida dentro de los límites prescritos. Esto se lleva a cabo con una acción apropiada sobre la operación, de manera que cada unidad producida sea satisfactoria. De ello se sigue que

los productos procedentes de una operación llevada a cabo de acuerdo con una buena técnica de control de calidad y que evidencien que realmente se ha ejercido dicho control, pueden ser aceptados sin ninguna inspección complementaria.

Es evidente, pues, que la aplicación del control de calidad a las operaciones de fabricación va acompañada de beneficios bien tangibles. En primer lugar, toda vez que la calidad puede fijarse y mantenerse dentro de límites cualesquiera, las unidades descartadas disminuyen y la calidad se mejora. Segundo: como hay pocos descartes, o no los hay, se alcanza la máxima producción con los medios disponibles. Tercero: como la mejora de la calidad se alcanza mejorando la operación productora misma, los costos de fabricación se reducen considerablemente, disminuyendo el tiempo de mecanizado, por unidad útil producida y Cuarto: la moral de los productores también mejora con la eliminación de las protestas y excusas que, en general, acompañan a la acción de descartar establecida por el inspector.

Elección de la muestra para la Inspección

Lo primero que hay que considerar al aplicar el control de calidad a una operación, es la elección de la muestra apropiada para inspeccionarla a fin de evaluar la calidad del producto. La muestra debe ser lo suficiente importante para proporcionar un valor realmente representativo de aquella característica de calidad que se desea controlar. Debe, además, tomarse en la fase oportuna del ciclo de fabricación, de manera que sus características correspondan a las normas de calidad en aquella fase del proceso.

Requisitos del control de Calidad

1. Propósito de controlar la calidad.
2. Normas de calidad claramente definidas.
3. Extensión adecuada de la inspección para poder controlar el proceso o procesos de fabricación.
4. Métodos de inspección adecuados (método por atributos o método por variables.)
5. Instrumentos de inspección apropiados (instrumentos de medida o galgas y calibres de pasa y no pasa).
6. Archivo de informes que indique las tendencias de la calidad del producto.

Estos son los 6 requisitos fundamentales ya que el control de calidad exige ser bien planeado como la misma fabricación.

Beneficios del control de calidad

Si el programa de control de calidad ha sido bien planeado y administrado, cabe esperar beneficios palpables. La importancia de estos beneficios está en proporción directa a la eficacia del programa.

Los beneficios del control de calidad son los siguientes:

1. Aumento de la producción
2. Menores precios unitarios
3. Mejor moral en el productor
4. Mejor calidad

Detallando:

1. Aumento de la Producción - El primer beneficio observado es el rápido aumento de la producción. La calidad debe incorporarse al producto. Para lograrlo con la máxima eficacia hay que emplear el método "mejor". Cuando este método mejor ha sido estudiado y hallado a fin de alcanzar la mejor calidad posible del producto, se encontrará que dicho método es también el mejor para lograr la máxima producción. Además, como los descartes se reducen al mínimo y todos los productos satisfacen las normas de calidad, los planes de producción previstos se cumplen en su plenitud.

Incluso en operaciones de pura repetición, como es el trabajo en tornos automáticos, en los cuales la máquina es la que fija el ritmo de trabajo, el empleo de fichas de control de calidad ha aumentado la producción hasta un 35%. Una parte de este aumento de producción procede de la mayor confianza que el operario tiene en la operación. Con las fichas de control tiene siempre a la vista datos sobre la calidad del producto y sobre la tendencia de dicha calidad. Esta información le da confianza, y por tanto, conduce la operación a la capacidad máxima de la máquina. Además, evita los paros para efectuar pequeños ajustes motivados por ligeras variaciones en la calidad del producto que ya están previstas. A dichas variaciones se les llama no asignables, y con ellas no hay que efectuar ninguna corrección. Sin emplear fichas de control de calidad, la inspección de una sola unidad del producto puede indicar que la calidad se aproxima al límite de sus tolerancias. Desconociendo el operario la variación natural de la calidad inherente a la operación, o sea, las causas no asignables, muchas veces

el operario parará para efectuar ajustes que él cree necesarios. Ello provoca pérdidas de producción y, muy a menudo, calidad mediocre, si la máquina es ajustada junto a uno u otro de los límites de la especificación.

2. Costos unitarios menores . - Otro beneficio del control de calidad estriba en los menores costos unitarios de fabricación. Estos costos menores son debidos al empleo del mejor método posible y a la reducción de los descartes. Con mucha frecuencia, el control de calidad de una operación hace posible suprimir otra operación subsiguiente. Así, por ejemplo, la estructura física de las piezas fundidas puede controlarse en la fundición, de manera que resulte innecesaria la operación subsiguiente de recocer con el fin de mejorar la facilidad del mecanizado.

La confianza y seguridad derivados del empleo de las fichas de control permiten acelerar muchas operaciones, reduciéndose así el costo de la mano de obra.

Cuando los descartes son muy numerosos, el costo de lo que sólo es chatarra y del trabajo de reparación de las unidades aprovechables puede constituir un porcentaje apreciable en los costos de fabricación.

3. Mejor moral en el productor - Todo operario tiene derecho a confiar que los productos que produce serán aceptables por el departamento de control de calidad. Cada jefe de sección espera que cada operario producirá productos que satisfarán las normas de calidad requeridas. Cuando las piezas descartadas son muchas, se crea un clima de tensión entre el jefe y los operarios y entre el jefe y el inspector. Los operarios se resienten al ver sus productos rechazados por el departamento de control de calidad, y no pueden sufrir las inevitables críticas de su jefe. Este es también blanco de las críticas de sus superiores cuando se estima que los descartes en su sección exceden los límites de la razonable. Todo ello conduce a que se agrién las relaciones entre el jefe de sección y el departamento de control de calidad. Por lo tanto, es fácil que una cantidad exagerada de descartes provoque problemas graves de personal. Por el contrario, cuando los descartes son mínimos, la moral de los operarios punzoneros es óptima, porque descartes mínimos y alta calidad significan producción elevada y bajos costos de fabricación.

Los problemas de producción son mínimos para el jefe. Como el inspector no rechaza productos, ya no es objeto de desconfianza por parte de los operarios ni por parte del jefe. La experiencia enseña que al mejorar la calidad del producto se crea una óptima camaradería, un espíritu de equipo entre jefes de taller, trabajadores e inspectores. El control de calidad beneficia a todo el mundo y no perjudica a nadie. El mejoramiento de calidad en el producto se traduce en fomentar la moral entre todos: inspectores, jefes y operarios.

4. Mejor calidad - Se puede obtener un índice de la calidad final del producto de dos procedencias. En primer lugar, la cantidad de descartes diarios que hace el inspector es una indicación inmediata de la calidad de los productos fabricados. Los informes de los clientes o de los departamentos que reciben los productos constituye otra fuente de información indicadora de la verdadera calidad del producto. Un registro de descartes y de reclamaciones de los clientes permite seguir las variaciones instantáneas y en el tiempo.

Por regla general, la mejora en la calidad se nota inmediatamente en el departamento que ejecuta el trabajo. La disminución de las reclamaciones de los clientes tarda algo más en notarse. El intervalo de tiempo depende del normalmente transcurrido desde que se envía el producto hasta que el cliente lo utiliza.

Al mejorar la calidad y disminuir los descartes, se reduce el personal de inspección, lo cual aminora el costo de aquella. Las mejoras que se introducen en los propios métodos de control de calidad permiten también reducir el personal que la lleva a cabo.

CONCLUSIONES

Es tendencia lógica en toda industria, instalada o en vías de instalarse, el querer lograr el más bajo costo de manufactura, con el fin de que el producto resultante, tenga un precio competitivo en el mercado, es decir, que sea de fácil asimilación.

Como primera cosa y en base a lo expuesto en el Capítulo I, observamos que antes de la elección de un método, sistema de producción o de la máquina-herramienta más conveniente; debe efectuarse un estudio del comportamiento, de la mano de obra y de las máquinas-herramientas, en las condiciones, a base de la productividad que se requiera. El estudio en cuestión debe efectuarse con la ayuda de los índices de eficiencia mostrados en las págs. 7 y 8 del Capítulo I; los datos necesarios para la elaboración de estos índices, serán de fácil obtención para una industria ya instalada; para el caso de una nueva industria, se tendrá que basarse en datos proporcionados por industrias afines, para luego con la experiencia propia ajustar a la realidad dichos estimados. Una vez que se tiene una serie de estos índices (semanales ó mensuales), se podrá evidenciar diferentes situaciones, como ser: "cuellos de botella" y "mano de obra ociosa", que serán ocasionados, por métodos de trabajo, sistemas de producción ó máquinas-herramientas, inadecuados.

En el Capítulo II, observamos las características de los tipos de producción intermitente y continua, exponiéndose los casos en que conviene el empleo de uno u otro sistema. En relación a ésto, toda industria en vías de conseguir un mejor costo de manufactura, debe efectuar un examen tal como se plantea en las págs. 20 y 21 del Capítulo II, para las diversas operaciones del proceso, lo cual de acuerdo con la producción requerida, nos dará una orientación para escoger el sistema de producción más conveniente. Pasando ahora a la elección de las máquinas-herramientas más convenientes, se escogerán de acuerdo con los siguientes aspectos: (1) Con el sistema de producción a adoptarse; (2) De las dimensiones del elemento a producir; (3) De la precisión o grado de acabado que se requiere; (4) Del aspecto de las superficies que se deben obtener y (5) De la cantidad de elementos a producirse.

El último aspecto es determinante para el caso de dos máquinas (Pag. 27, Capítulo II), que pueden efectuar un mismo trabajo, en tal caso es más rentable la que requiere un mayor tiempo de preparación, ya que esto se compensa con una mayor producción, esto por cierto, está supeditado a la cantidad de elementos requeridos.

Luego de haberse escogido las máquinas-herramientas más convenientes y deseando efectuar una precisa distribución del trabajo, con un eficiente control de la producción diaria, es recomendable orientarse por el uso de Diagramas carga-máquina, para que en colaboración con los jefes de sección, ceñirse al trabajo programado en dichos diagramas; cualquier desviación negativa de lo programado en un Diagrama, puede deberse a alguno de los factores mencionados en la pag. 32, Capítulo II, caso contrario, puede ser un error de previsión, y será necesario corregir el tiempo estimado de manufactura.

Es muy importante luego, la elección de la tolerancia conveniente, pues fijará: el proceso de fabricación, las máquinas-herramientas, los instrumentos y la mano de obra a emplearse; esto obliga al proyectista a hacer un balance entre el costo de la calidad y el valor de dicha calidad; en la pag. 35 (Capítulo II) observamos la incidencia de la mayor o menor tolerancia, en el tiempo de mecanizado y en el costo de elaboración de un perno.

Por otro lado, debe hacerse notar la influencia de las características del corte, en la economía del maquinado. Específicamente: la velocidad y profundidad de corte, y la geometría de la herramienta, en la duración de la misma; y luego la duración de la herramienta para una máxima producción, y un mínimo costo por unidad producida (pags. 39, 40 y 41, Capítulo II).

A continuación, buscando facilitar los procedimientos de mecanizado y reducir los costos de manufactura, reduciendo al mínimo los tiempos pasivos (montaje, sujeción, regulación, medición, etc.), tendiéndose además a la intercambiabilidad de las piezas producidas, se orienta la producción al empleo de plantillas o dispositivos, estos elementos estarán determinados, por: la importancia de los elementos a fabricarse, la

cantidad, producción diaria, y de acuerdo al grado de preparación del personal que los manipulara. Puede darse el caso de tener que escoger entre dos o más sistemas de dispositivos, ó entre un conjunto de dispositivos y una máquina especial. Para tales situaciones se aplicarán los procedimientos expuestos en las pag. 46 y 47 (Capítulo III) respectivamente.

Finalmente, deseando uniformizar, las características de los elementos en producción, y disminuir los descartes por piezas defectuosas, se adopta un control de la calidad, mejorando la operación productora, reduciendo los costos de manufactura, disminuyendo el tiempo de mecanizado; esto significa un aumento de la producción, además se elevará la moral en todos los que intervienen en la producción y creará una atmósfera de optima camaradería y espíritu de equipo entre jefes de taller, trabajadores e inspectores. En cuanto a los requisitos para la implantación de un eficiente control de calidad, observar la pag. 49 (Capítulo IV).

En conclusión, se ha detallado todo el proceso, de un estudio, tendiente a la mejora del costo de manufactura, valiéndose del mejor método, del sistema de producción más apropiado, de las máquinas-herramientas más convenientes, y en general de todos los factores, que intervienen en mayor o menor forma a ese efecto; haciéndose ver en todos esos casos, la mejora en el tiempo de mecanizado, quedando definida su relación con el costo de manufactura y aclarado el tema del presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA

Principios fundamentales para el diseño de herramientas por la
ASTME.

Tiempos y Movimientos de Barnes, Ralph M.

Machine Shop Estimating por Nordhoff.

Estudio del trabajo por la OIT.

Control estadístico de la calidad, por Rene Cave.

Control de Calidad por Eugene Grant L.

Máquinas-Herramientas por Giordano C.

Máquinas-Herramientas por Membretti Gerolano .

Máquinas-Herramientas por Mario Rossi.

Utilajes y Dispositivos por Mario Rossi.

Manual de Ingeniería de la producción industrial por Maynard H. B.

El control de los costos de producción por Carroll, Phil.