



centro de educación continua
facultad de ingeniería, unam



A los Asistentes a los cursos del Centro de Educación
Continua

La Facultad de Ingeniería, por conducto del Centro de Educación Continua, otorga constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso. Las personas que deseen que aparezca su título profesional precediendo a su nombre en el diploma, deberán entregar copia del mismo o de su cédula profesional a más tardar el Segundo Día de Clases, en las oficinas del Centro, con la Señora Sánchez, de lo contrario no será posible.

El control de asistencia se efectuará a través de la persona encargada de entregar notas, en la mesa de entrega de material, mediante listas especiales. Las ausencias serán computadas por las autoridades del Centro.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece el Centro están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo para que coordinen las opiniones de todos los interesados constituyendo verdaderos seminarios.

Al finalizar el curso se hará una evaluación del mismo a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos por parte de los asistentes. Las personas comisionadas por alguna institución deberán pasar a inscribirse en las oficinas del Centro en la misma forma que los demás asistentes.

Con objeto de mejorar los servicios que el Centro de Educación Continua ofrece, es importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción con los datos que se les solicitan al iniciarse el curso.

ATENTAMENTE

ING. JOSE ELISEO OCAMPO SAMANO
COORDINADOR DE CURSOS



INGENIERIA DE METODOS Y PLANEACION DE PLANTAS INDUSTRIALES

FECHA	DURACION	T E M A	P R O F E S O R
4 de junio	18 a 21 hs.	INTRODUCCION AL CURSO Productividad, su relación con el nivel de vida y con el estudio del trabajo.	Ing. Juan José Di Matteo Camoirano
6 de junio	18 a 21 hs.	ESTUDIO DEL TRABAJO a) Estudio de métodos, diagramas, desarrollo del nuevo método, recuperación de la inversión - del capital.	
9 de junio	18 a 21 hs.	b) Medida del trabajo, determinación de tiempos estándares, cronometraje, tiempos predeterminados. Muestreo. c) Costo del estudio del trabajo.	
11 de junio	18 a 21 hs.	SISTEMA DE TIEMPOS PREDETERMINADOS 1.- Objetivos 2.- Métodos para fijar estándares 3.- Uso del reloj 4.- Tiempos predeterminados 5.- Work factor, MTM y MODAPTS. 6.- Comparación de Sistemas 7.- Ejemplos sencillos 8.- Requisitos de instalación 9.- Conclusiones	Ing. Gabriel Nabliesky D.
13 de junio	18 a 21 hs.	DETERMINACION DE LA FACTIBILIDAD DE REALIZAR ESTUDIOS DE INGENIERIA IND. 1.- Determinación de la relación --- costo beneficio 2.- Selección de alternativas de acción. 3.- Aprobación del proyecto	

FECHA	DURACION	T E M A	P R O F E S O R
13 de junio		CASO PRACTICO	Ing. Gabriel Nabliesky D.
16 de junio	18 a 21 hs.	MUESTREO DEL TRABAJO <ol style="list-style-type: none"> 1.- Objetivos y aplicaciones 2.- Fases del programa 3.- Conducción del programa <ol style="list-style-type: none"> a) Obtención de la información b) Análisis c) Preparación del informe d) Implantación de recomendaciones 	
18 de junio	18 a 21 hs.	PLANEACION DE PLANTAS INDUSTRIALES <ol style="list-style-type: none"> 1.- INTRODUCCION 2.- EL PRODUCTO <ol style="list-style-type: none"> a) Diseño: Ingeniería Industrial b) Medios ingeniería de producción c) Adaptación: Ingeniería industrial 3.- DISPOSICION DE LAS PLANTAS <ol style="list-style-type: none"> a) Principios b) Tipos de disposiciones c) Indicadores de disposiciones inadecuadas d) Métodos y procedimientos e) Balanceo de líneas f) Reemplazo de maquinaria y equipo 	Ing. José Manuel Roza Irezábal
20 de junio	18 a 21 hs.	4.- ANALISIS ECONOMICO <ol style="list-style-type: none"> a) Métodos b) Costos c) Inversiones adicionales d) Amortización e) Condensaciones generales 	

FECHA	DURACION	T E M A	P R O F E S O R
23 de junio	18 a 21 hs.	MANEJO DE MATERIALES 1.- Introducción 2.- Importancia de la función 3.- Principios de aplicación 4.- Equipo y métodos de manejo 5.- Costos y análisis económico 6.- La gerencia de materiales	Ing. José Manuel Roza Irezábal
25 de junio	18 a 21 hs.	CONTROL Y PROGRAMACION DE LA PRODUCCION 1.- ELEMENTOS A CONTROLAR a) Materiales b) Máquinas c) Mano de obra 2.- PRONOSTICOS DE VENTAS Y SU RELACION CON LA PRODUCCION a) Determinación de la jornada b) Tipos de demanda 3.- CONTROL DE MATERIALES a) Explosión de materiales b) Pronóstico de la demanda de materiales c) Manejo de proveedores 4.- CONTROL DE MAQUINAS a) Determinación de la capacidad de planta b) Carga de máquinas c) Tipo de programaciones d) Controles de soporte 5.- CONTROL DE MANO DE OBRA a) Supervisión b) Adiestramiento c) Controles administrativos 6.- PRESENTACION DE UN SISTEMA INTEGRAL	Ing. Ricardo Vidal Valles

FECHA	DURACION	T E M A	P R O F E S O R
27 de junio	18 a 21 hs.	<p>MANTENIMIENTO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- DEFINICION, CONCEPTOS BASICOS 2.- TIPOS DE MANTENIMIENTO <ol style="list-style-type: none"> a) Mantenimiento preventivo b) Mantenimiento correctivo 3.- ORGANIZACION DE UN DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO <ol style="list-style-type: none"> a) Estructura b) Controles administrativos 4.- ESTANDARES DE MANTENIMIENTO <ol style="list-style-type: none"> a) Determinación b) Establecimiento de los estándares 5.- EJEMPLOS 	Ing. Ricardo Vidal Valles
30 de junio	18 a 21 hs.	<p>ADMINISTRACION DE INVENTARIOS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Conceptos básicos del control de inventarios 2.- Clasificación A B C 3.- Decisiones básicas sobre inventarios 4.- Cantidad económica por evaluar 5.- Refinamiento de las técnicas generales de control 6.- Instalación de un sistema de control de inventarios 7.- Resultados esperados de un sistema de administración e inventarios <p>DESARROLLO DE CASO PRACTICO</p>	Ing. Miguel Reynoso B.

APUNTES PARA EL CURSO .-

INGENIERIA DE METODOS Y PLANEACION
DE PLANTAS INDUSTRIALES .-

Centro de Educación Continua.-

Ftad. de Ingeniería. U.N.A.M.

Ing. Juan José Di Matteo C.-

Capítulo 1

PRODUCTIVIDAD Y NIVEL DE VIDA

1. EL NIVEL DE VIDA

El nivel de vida de un hombre es la medida en que éste puede proporcionarse, a sí mismo y a su familia, lo necesario para sustentarse y disfrutar de la existencia.

El nivel de vida del hombre medio o de la familia representativa en las diferentes naciones y comunidades del mundo varía grandemente. Una persona considerada como pobre en Estados Unidos o en algunos países de Europa occidental sería tenida por rica en otras regiones del mundo. Son pocos todavía los países donde el hombre medio y su familia pueden satisfacer todas las necesidades de una vida sana y disfrutar de muchas otras cosas que pudieran clasificarse como lujos. En cambio, son todavía muchos los países en que el hombre medio satisface a duras penas sus necesidades más apremiantes, y donde él y su familia raras veces logran saciar el hambre por completo, vestirse adecuadamente o disfrutar de una vivienda cómoda y saludable.

2. CONDICIONES NECESARIAS PARA UN NIVEL DE VIDA MÍNIMO ACEPTABLE

Las necesidades que deben hallarse cubiertas por el nivel de vida mínimo decoroso son las siguientes :

○ *ALIMENTACIÓN*

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

○ *VESTIDO*

La ropa y el calzado necesarios para el aseo corporal y la protección contra las inclemencias del tiempo.

○ *VIVIENDA*

Vivienda capaz de ofrecer protección adecuada en condiciones saludables a los que la habitan.

○ *HIGIENE*

Asistencia médica y sanitaria para la protección contra las enfermedades, y tratamiento en caso de enfermedad.

A estas cuatro condiciones esenciales se podrían añadir las siguientes :

○ *SEGURIDAD*

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

○ *EDUCACIÓN*

Facilidades de educación que permitan a todos — hombres, mujeres y niños — el máximo desarrollo de su capacidad y facultades intelectuales.

Los alimentos, el vestido y la vivienda son generalmente bienes que el hombre debe procurarse por sí mismo, y para disfrutarlos tiene que pagarlos con su dinero o con su trabajo. En cambio, incumbe en gran medida a los gobiernos y demás autoridades públicas velar por la higiene, la seguridad y la educación, que pueden considerarse, pues, en cierto modo, como servicios públicos. No obstante, corresponde normalmente a los ciudadanos costear los servicios públicos, de suerte que cada individuo debe ganar lo suficiente para abonar su contribución correspondiente a los mismos, además de aportar lo necesario para su sustento y el de su familia.

Toda nación o comunidad debe, a la larga, ser capaz de sostenerse a sí misma. El nivel de vida en general estará representado por lo que logra el ciudadano

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

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

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

Se pueden obtener:

- **alimentos** más abundantes y baratos aumentando la productividad de la **agricultura** ;
- vestidos y viviendas** en mayor cantidad y a menor precio aumentando la productividad de la **industria** ;
- mayor **higiene** y un nivel más elevado de **seguridad** y de **educación** aumentando la productividad y el poder adquisitivo **en general**, con lo que obtendremos mayor margen para costear esos servicios.

3. ¿ QUÉ ES LA PRODUCTIVIDAD ?

La productividad puede definirse de la manera siguiente :

La productividad es la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados para obtenerla.

Esta definición puede aplicarse a una empresa, a una industria o a toda una economía.

Más sencillamente, la productividad, en el sentido en que vamos a utilizar aquí este vocablo, no es más que la relación aritmética entre la cantidad producida y la cuantía de cualquiera de los recursos empleados en la producción.

Productividad y nivel de vida

Estos recursos pueden ser:

- la *TIERRA*;
- los *MATERIALES*;
- las *INSTALACIONES, MÁQUINAS y HERRAMIENTAS*;
- los *SERVICIOS DEL HOMBRE*;

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

Si comprobamos que la productividad de la mano de obra, de la tierra, de los materiales o de las máquinas en cualquier empresa, industria o país ha aumentado, este hecho en sí mismo no nos ilustra sobre las razones que han motivado ese incremento. El aumento de la productividad de la mano de obra, por ejemplo, puede deberse a una mejor planificación del trabajo por parte de la dirección, o a la instalación de nueva maquinaria. El aumento de la productividad de los materiales puede obedecer a la mayor pericia de los obreros, al mejoramiento de los planos, etc.

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

• *PRODUCTIVIDAD DE LA TIERRA*

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

• *PRODUCTIVIDAD DE LOS MATERIALES*

Si un sastre experto es capaz de cortar 11 trajes de una pieza de tela de la que un sastre menos experto sólo puede sacar 10 trajes, puede decirse entonces que el sastre experto obtiene un 10 por ciento más de productividad de la pieza.

• *PRODUCTIVIDAD DE LAS MÁQUINAS*

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

• *PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA*

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

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

4. RELACIÓN ENTRE EL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD Y LA ELEVACIÓN DEL NIVEL DE VIDA

Vemos ahora más claramente cómo el aumento de la productividad puede contribuir a elevar el nivel de vida. Si se produce más al mismo costo o si se obtiene la misma cantidad de producción a un costo inferior, resulta un beneficio para la comunidad en su conjunto que puede reflejarse de varias formas. La Reunión de expertos en materia de productividad en las industrias manufactureras, convocada por la O.I.T. en diciembre de 1952, resumió las formas principales que pueden tener tales beneficios de la manera siguiente:

Una mayor productividad ofrece posibilidades de elevar el nivel general de vida, principalmente mediante:

- a) mayores cantidades, tanto de bienes de consumo como de bienes de producción, a un costo menor y a un precio menor;
- b) mayores ingresos reales;
- c) mejoras de las condiciones de vida y de trabajo, con inclusión de una menor duración del trabajo;
- d) en general, un refuerzo de las bases económicas del bienestar humano¹.

5. LA PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA

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

Las telas para vestidos, muchas de las partes componentes de una casa, el material sanitario, el equipo para avenamiento e instalaciones hidráulicas,

¹ OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO: *Aumento de la productividad en las industrias manufactureras*, Estudios y documentos, nueva serie, núm. 38 (Ginebra, 1954), pág. 206.

las drogas y los medicamentos, el equipo para hospitales y el material de defensa son todos productos industriales. También lo son muchos artículos necesarios para vivir por encima del nivel de mera subsistencia. Los utensilios domésticos, los muebles, las lámparas y estufas se fabrican generalmente en talleres grandes o pequeños. Muchos de los productos que necesita una comunidad moderna son demasiado complejos o pesados para que pueda fabricarlos la industria doméstica o las industrias en pequeña escala. Las locomotoras y vagones de ferrocarril, los camiones, los generadores eléctricos, los teléfonos y las bombillas eléctricas son productos que necesitan costosa maquinaria para su fabricación, equipos especiales para su transporte y una muchedumbre de trabajadores de especializaciones muy diversas. Cuanto mayor sea la productividad de las empresas que fabrican esos artículos, tanto mayores serán las posibilidades de obtenerlos con abundancia y baratura, en cantidad adecuada y a precios asequibles para cada familia de la comunidad.

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

6. CONDICIONES PREVIAS PARA EL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

Para lograr el máximo aumento de la productividad se precisa la acción de todos los sectores de la comunidad: gobiernos, empleadores y trabajadores.

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

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

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

También es importantísimo el papel que deben desempeñar los empleadores y los trabajadores. La responsabilidad principal en lo que respecta al aumento de la productividad de una empresa determinada corresponde a la dirección. Solamente la dirección puede llevar a cabo un programa de productividad en cada empresa y solamente ella puede crear buenas relaciones humanas obteniendo así la cooperación de los trabajadores que es esencial para el buen éxito de la empresa, aunque también se necesita la buena voluntad de los trabajadores. Los sindicatos pueden estimular activamente a sus afiliados a prestar dicha cooperación si están convencidos de que dicho programa, además de ser beneficioso para el país en general, redundará en interés de los trabajadores.

7. LA ACTITUD DE LOS TRABAJADORES

El temor de que el aumento de la productividad conduzca al desempleo es una de las mayores dificultades con que se tropieza para obtener la cooperación activa de los trabajadores. Los trabajadores temen que sus propios esfuerzos los lleven a quedarse sin empleo. Este temor se acentúa donde ya existe desempleo y donde es difícil que el trabajador que pierda su empleo encuentre otro. Incluso en los países económicamente desarrollados que disfrutan desde hace años de un alto nivel de empleo, ese temor es realmente sentido por los que conocieron el paro en el pasado.

Por consiguiente, si no se ofrece al trabajador la garantía de una ayuda eficaz para resolver sus dificultades, podrá ofrecer resistencia a cualquier medida que, acertada o equivocadamente, considere habrá de ser causa de su desempleo, incluso cuando éste sea de corta duración, mientras pasa de un trabajo a otro. Aparte las medidas que los gobiernos puedan adoptar para mantener el nivel general de empleo, es necesario hacer algo más en ayuda del trabajador temporalmente desempleado. A este respecto, la Reunión de expertos en materia de productividad en las industrias manufactureras, a que se ha hecho referencia, recomendó la planificación anticipada, por parte de los empleadores, de las

Productividad y nivel de vida

modificaciones de los procesos de fabricación o del equipo y la notificación previa de los desplazamientos a que dichas modificaciones pudieran dar lugar; también debería estudiarse la posibilidad de reducir o suspender nuevos reclutamientos, con el fin de retener el excedente de trabajadores hasta disponer de un número suficiente de empleos para ellos a raíz de los movimientos normales de la mano de obra; la asignación, por los empleadores, de prioridades a los trabajadores desplazados para llenar puestos vacantes, tomando debidamente en cuenta la eficiencia, buena conducta y años de servicio de los interesados; la concesión, en caso necesario, de orientación profesional, así como de formación y readaptación profesionales; el perfeccionamiento, en caso necesario, de la organización del servicio del empleo con el fin de lograr que las informaciones relativas a puestos vacantes apropiados sean comunicadas rápidamente a todos los interesados; medidas destinadas a fomentar la movilidad geográfica de la mano de obra, tales como pago de asignaciones de mudanza y programas para la construcción de viviendas obreras, cuando ello sea oportuno, y la adopción de medidas a través de los sistemas de seguro de desempleo, o mediante otro procedimiento, con el fin de proteger el nivel de vida de los trabajadores que puedan perder sus empleos.

Señalemos, a título de ejemplo, que en una reunión convocada por el Gobierno de la India en Nueva Delhi, en febrero de 1951, los representantes de los empleadores y de los trabajadores de la industria algodonera de dicho país adoptaron una serie de disposiciones de esta naturaleza; las mismas disposiciones fueron incorporadas, en lo esencial, en el primer Plan quinquenal de la India de 1952.

Sin embargo, aunque existan garantías por escrito, las medidas encaminadas a aumentar la productividad probablemente encontrarán resistencia. Esa resistencia puede generalmente reducirse al mínimo si todos los interesados comprenden la naturaleza y motivo de cada medida y participan en su aplicación. Debe instruirse a los representantes de los trabajadores en las técnicas de aumento de la productividad para que puedan explicarlas a sus compañeros y utilicen sus conocimientos para impedir que se adopten medidas que perjudiquen directamente a la clase trabajadora. Muchas de las garantías mencionadas pueden aplicarse mejor a través de comités mixtos de productividad o de comités de empresa.

Capítulo 4

ESTUDIO DEL TRABAJO

1. ¿QUÉ ES EL ESTUDIO DEL TRABAJO?

¿Qué es el estudio del trabajo y por qué ha sido elegido, entre las diferentes técnicas de dirección que analizamos en el último capítulo, como instrumento principal para lograr el aumento de la productividad y como tema especial de este libro?

Estudio del trabajo es la expresión que se utiliza para designar las técnicas del estudio de métodos y de la medida del trabajo mediante las cuales se asegura el mejor aprovechamiento posible de los recursos humanos y materiales para llevar a cabo una tarea determinada.

El estudio del trabajo está especialmente relacionado con la productividad, puesto que se utiliza para aumentar la producción obtenida de una cantidad

CUADRO 1. — MEDIOS DIRECTOS DE

Método	Tipo de mejora	Medios	Costo
Inversión de capital	1. Desarrollar nuevos procedimientos básicos o mejorar fundamentalmente los existentes	Investigación básica Investigación aplicada Instalación experimental	Elevado
	2. Instalar maquinaria o equipo más modernos o de mayor capacidad productora o modernizar los existentes	Adquisiciones Investigación del proceso	Elevado
	3. Reducir el contenido de trabajo del producto	Investigación del producto Desarrollo del producto Mejoramiento de los métodos de dirección Estudio de métodos	Comparado con el de 1 y 2, no muy grande
Mejor dirección	4. Reducir el contenido de trabajo del proceso	Investigación del proceso Instalación experimental Planificación del proceso Estudio de métodos Adiestramiento de los operarios	Reducido
	5. Reducir el tiempo improductivo de instalaciones y operarios (ya sea imputable a la dirección o a los trabajadores)	Medida del trabajo Política de ventas Normalización Desarrollo del producto Planificación y control de la producción Control de materiales Conservación planificada Política de personal Mejoramiento de las condiciones de trabajo Adiestramiento de los operarios Remuneración por rendimiento	Reducido

AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD

Rapidez de obtención de los resultados	Mejoramiento posible de la productividad	Papel del estudio del trabajo
Generalmente varios años	Sin limitación evidente	Estudio de métodos para facilitar el funcionamiento y la conservación en la fase inicial
Inmediatamente después de la instalación	Sin limitación evidente	Estudio de métodos para mejorar la disposición de los locales y el funcionamiento
Generalmente varios meses	Limitada, como la que cabe esperar de 4 y 5, pero debe preceder siempre a la acción prevista en dichos epígrafes	Estudio de métodos para mejorar los diseños que facilitan la producción
Inmediatamente	Limitada, pero frecuentemente de gran trascendencia	Estudio de métodos para reducir el desperdicio de tiempo y esfuerzo del proceso, suprimiendo los movimientos innecesarios
Pueden ser lentos al principio, pero su efecto crece rápidamente	Limitada, pero frecuentemente de gran trascendencia	Medida del trabajo para investigar las prácticas existentes, localizar el tiempo improductivo y fijar normas de rendimiento para : <ul style="list-style-type: none"> A. Planificar y controlar la producción B. Utilizar las instalaciones C. Controlar el costo de la mano de obra D. Determinar el sistema de remuneración por rendimiento

Estudio del trabajo

determinada de recursos sin recurrir a nuevas inversiones de capital, salvo quizás en medida muy limitada.

Hace algunos años esta disciplina recibía el nombre de « estudio de tiempos y movimientos » (*time and motion study*), pero actualmente se estima que tal denominación es demasiado restrictiva, aunque continúa siendo utilizada en Estados Unidos. La nueva expresión « estudio del trabajo » (*work study*) fué introducida primeramente en el idioma inglés, y hoy en día es de uso general en toda Europa ¹.

2. EL ESTUDIO DEL TRABAJO COMO MEDIO DIRECTO DE AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD

Ya hemos visto que son muchos los factores que intervienen en la productividad de cualquier empresa, que su importancia varía de acuerdo con la naturaleza de las actividades que aquélla realiza, y que dependen unos de otros. Examinemos esta cuestión desde otro punto de vista.

Hasta ahora hemos tratado del empleo de técnicas de dirección para aumentar la productividad partiendo del supuesto de que no era necesario efectuar grandes desembolsos de capital para instalaciones y equipo y de que sería posible elevar la productividad utilizando los recursos existentes. Casi siempre es posible aumentar la productividad considerablemente por medio de grandes inversiones de capital para instalaciones y equipo mejorados. ¿Qué cabe esperar del empleo de técnicas de dirección, particularmente del estudio del trabajo, para mejorar el aprovechamiento de los recursos existentes si lo comparamos con la inversión de capital en nuevas instalaciones? Las comparaciones se hacen en términos generales para dar solamente una idea aproximada. Es conveniente hacerlo por medio de un cuadro (cuadro 1).

El cuadro es elocuente y no necesita muchos comentarios por nuestra parte. A la larga, el modo más eficaz de elevar la productividad suele ser la invención de nuevos procedimientos y la instalación de maquinaria y equipo más modernos. Pero esto sólo se aplica a las industrias cuya producción depende sobre todo de las máquinas e instalaciones y secundariamente del esfuerzo humano. Pertenecen a esta categoría los procesos químicos continuos y muchos procedimientos de la industria textil. La investigación y los trabajos necesarios para inventar una técnica o una máquina de mayor rendimiento son generalmente costosos y requieren mucho tiempo; además, hay siempre el riesgo de que los resultados no justifiquen el tiempo y el dinero invertidos. Incluso para lograr mejoras notables de los procedimientos existentes es preciso invertir mucho tiempo y dinero. Pero tampoco será posible esa solución en los

¹ En Alemania viene utilizándose desde hace mucho tiempo el término *Arbeitsstudium* que significa también, literalmente, « estudio del trabajo ».

países donde hay poco capital disponible y es urgente la necesidad de aumentar la producción.

Es de notar que hemos subrayado el factor humano porque el estudio del trabajo se interesa más por la **aplicación** que por los procedimientos técnicos como tales, y aquélla depende de seres humanos, bien sean trabajadores, proyectistas, técnicos o directores. El estudio del rendimiento de las instalaciones con independencia de los operarios es casi enteramente un problema técnico que no concierne generalmente al estudio del trabajo. Éste posee, puesto que es una técnica de dirección, la característica común a todas las técnicas de dirección mencionadas en el capítulo precedente, es decir, la de ser un **procedimiento sistemático**. En esto consiste su valor como « instrumento » de investigación y de mejora.

3. UTILIDAD DEL ESTUDIO DEL TRABAJO

Investigar y mejorar las operaciones en los talleres y otros lugares de trabajo no es nada nuevo; los buenos organizadores lo han hecho desde que por primera vez se ordenó el esfuerzo humano para acometer grandes empresas, lo que debe haber sido bastante antes de que se construyeran las pirámides de Egipto. Es la única forma de efectuar progresos en materia de técnica y eficiencia. Siempre ha habido directores de extraordinaria capacidad — genios — que lograron realizar notables progresos, pero desgraciadamente no bastan los pocos genios que se encuentran en la industria, lo mismo que en cualquier otra rama de la actividad humana. De ahí la utilidad del estudio del trabajo, pues aplicando sus procedimientos sistemáticos hombres de capacidad media pueden lograr resultados equiparables, e incluso superiores, a los obtenidos en pasadas épocas por hombres geniales.

El estudio del trabajo es eficaz por ser sistemático tanto en la investigación como en la solución que aporta a los problemas. Pero la investigación sistemática requiere tiempo y, por consiguiente, en todas las empresas, excepto en las más pequeñas, es necesario separar la labor correspondiente al estudio del trabajo de la función directora. El director de una fábrica o el jefe de un taller, por competentes que sean, nunca disponen de tiempo suficiente, libre de las interrupciones propias de su labor cotidiana con sus muchos problemas humanos y materiales, para dedicarlo enteramente al estudio de una sola actividad de la fábrica. Por eso es casi imposible que estén en posesión de todos los datos acerca de lo que está sucediendo en tal actividad. Ahora bien, sin conocer todos los datos es imposible tener la certeza de que las modificaciones que se realizan se basan en una información exacta y han de ser plenamente eficaces. No es posible fiarse de la palabra de capataces o trabajadores porque se ha demostrado una y otra vez que no siempre saben la verdad de los hechos. El conocimiento pleno de los hechos se adquiere solamente mediante un estudio continuo efectuado en el lugar de trabajo o en la zona donde se lleva

Estudio del trabajo

a cabo la actividad correspondiente. Esto significa que el estudio del trabajo deberá encomendarse siempre a quien pueda dedicarse de lleno a esta labor en jornada completa sin funciones directas de dirección; deberá ser un cargo de carácter asesor y no gestor¹. El estudio del trabajo es útil a la dirección y al personal dirigente.

Hemos examinado muy brevemente algunos aspectos de la naturaleza del estudio del trabajo, y en qué se funda su valor como instrumento de dirección. A las razones expuestas pueden añadirse las que resumimos a continuación:

1. Es un medio de aumentar la productividad de una fábrica o instalación mediante la reorganización del trabajo, método que normalmente requiere poco o ningún desembolso de capital para instalaciones o equipo.
2. Es sistemático. Esto garantiza la inclusión de todos los factores que influyen sobre la eficacia de una operación, bien sea al analizar las prácticas existentes o al crear otras nuevas, y el conocimiento de todos los datos relacionados con la operación.
3. Es el método más exacto conocido hasta ahora para establecer normas de rendimiento, de las que dependen la planificación y control eficaces de la producción.
4. Las economías resultantes de la aplicación correcta del estudio del trabajo comienzan de inmediato y continúan mientras duren las operaciones en su forma mejorada.
5. Es un « instrumento » susceptible de ser utilizado en todas partes. Puede utilizarse con éxito dondequiera que se realice trabajo manual o funcione una instalación, no solamente en talleres de fabricación, sino también en oficinas, comercios, laboratorios e industrias auxiliares, como las de distribución al por mayor y al por menor y los restaurantes.
6. Es el instrumento de investigación más penetrante de que dispone la dirección. Por eso es un arma excelente para comprobar la eficacia de cualquier organización, ya que al investigar determinados problemas pone gradualmente al descubierto las deficiencias de todas las funciones con ellos relacionadas.

Vale la pena analizar más detenidamente este último punto. Como el estudio del trabajo es sistemático y requiere la investigación directa de todos los factores que influyen sobre la eficacia de una operación determinada, pondrá inmedia-

¹ El que desempeña un cargo *gestor* ejerce directamente funciones de inspección y tiene autoridad disciplinaria sobre sus subordinados inmediatos. En cambio, un cargo *asesor* tiene carácter exclusivamente consultivo y no da autoridad o poder para aplicar las recomendaciones. Sirve sencillamente para aportar información y asesoramiento especializados.

tamente de manifiesto las deficiencias de todas las actividades relacionadas con esa operación. Por ejemplo, la observación puede demostrar que un operario pierde tiempo en una tarea de producción por tener que aguardar a que le suministren material o por inactividad motivada por las averías de la máquina con que trabaja. Esto hace patentes las deficiencias imputables al control de materiales o al jefe de talleres por no asegurar el buen estado de la maquinaria. También puede haber pérdida de tiempo si se fijan series de producción demasiado breves que exigen una readaptación constante de las máquinas; solamente tras un estudio prolongado podrá apreciarse la importancia de este aspecto de la cuestión. Esto indica un mal planeamiento de la producción o defectos de la política de ventas que es preciso rectificar.

El estudio del trabajo actúa como el bisturí del cirujano, exponiendo a la vista de todos las actividades y el funcionamiento, bueno o malo, de una empresa. Por razón de ese carácter «revelador» es preciso manejarlo, lo mismo que el bisturí del cirujano, con gran cuidado y habilidad. A nadie le gusta que lo pongan en evidencia, y por ello, si el especialista en estudio del trabajo no da muestras de gran tacto en sus relaciones con otras personas, puede crearse la enemistad de directores y obreros, lo que le impedirá cumplir su cometido adecuadamente.

Directores y capataces no han conseguido generalmente las economías y mejoras que es posible efectuar aplicando el estudio del trabajo porque no han podido dedicarse de modo continuo a esa labor, aun poseyendo la debida capacitación. No basta que el estudio del trabajo sea sistemático. Para lograr resultados realmente importantes hay que aplicarlo **continuamente** en todas partes. De nada sirve que el especialista en estudio del trabajo realice una buena labor si luego se cruza de brazos satisfecho de su obra o si la dirección lo destina a otro trabajo. Aunque pueden ser considerables las economías que se logren en determinadas tareas, son pequeñas normalmente comparadas con la actividad general de la empresa. Únicamente se apreciará todo el efecto del estudio del trabajo en una organización cuando haya sido aplicado en todas partes sin cejar un solo instante y cuando todos se hallen imbuidos del espíritu que es la base del éxito del estudio del trabajo: **evitación del desperdicio en todas sus formas** -- de materiales, de tiempo, de esfuerzo o de la capacidad del hombre --, y no aceptar por principio que las cosas se hacen de un cierto modo « porque así se hicieron siempre ».

4. LAS TÉCNICAS DEL ESTUDIO DEL TRABAJO Y SU RELACIÓN MUTUA

Al comienzo de este capítulo dijimos que el estudio del trabajo incluye el estudio de métodos y la medida del trabajo. ¿Qué son esas técnicas y qué relación guardan entre sí?

El estudio de métodos es el registro, análisis y examen crítico sistemáticos de los modos existentes y propuestos de llevar a cabo un trabajo, y el desarrollo y aplicación de métodos más sencillos y eficaces.

La medida del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el contenido de trabajo de una tarea definida fijando el tiempo que un trabajador calificado invierte en llevarla a cabo con arreglo a una norma de rendimiento preestablecida.

Es, por consiguiente, muy íntima la relación existente entre el estudio de métodos y la medida del trabajo. El primero se refiere a la reducción del contenido de trabajo de la operación, mientras que la segunda trata de la investigación y reducción del tiempo improductivo, y de fijar ulteriormente las normas de tiempo de una operación basadas en el contenido de trabajo establecido mediante el estudio de métodos. En la figura 7 se expone su relación dentro de la técnica general de estudio del trabajo.

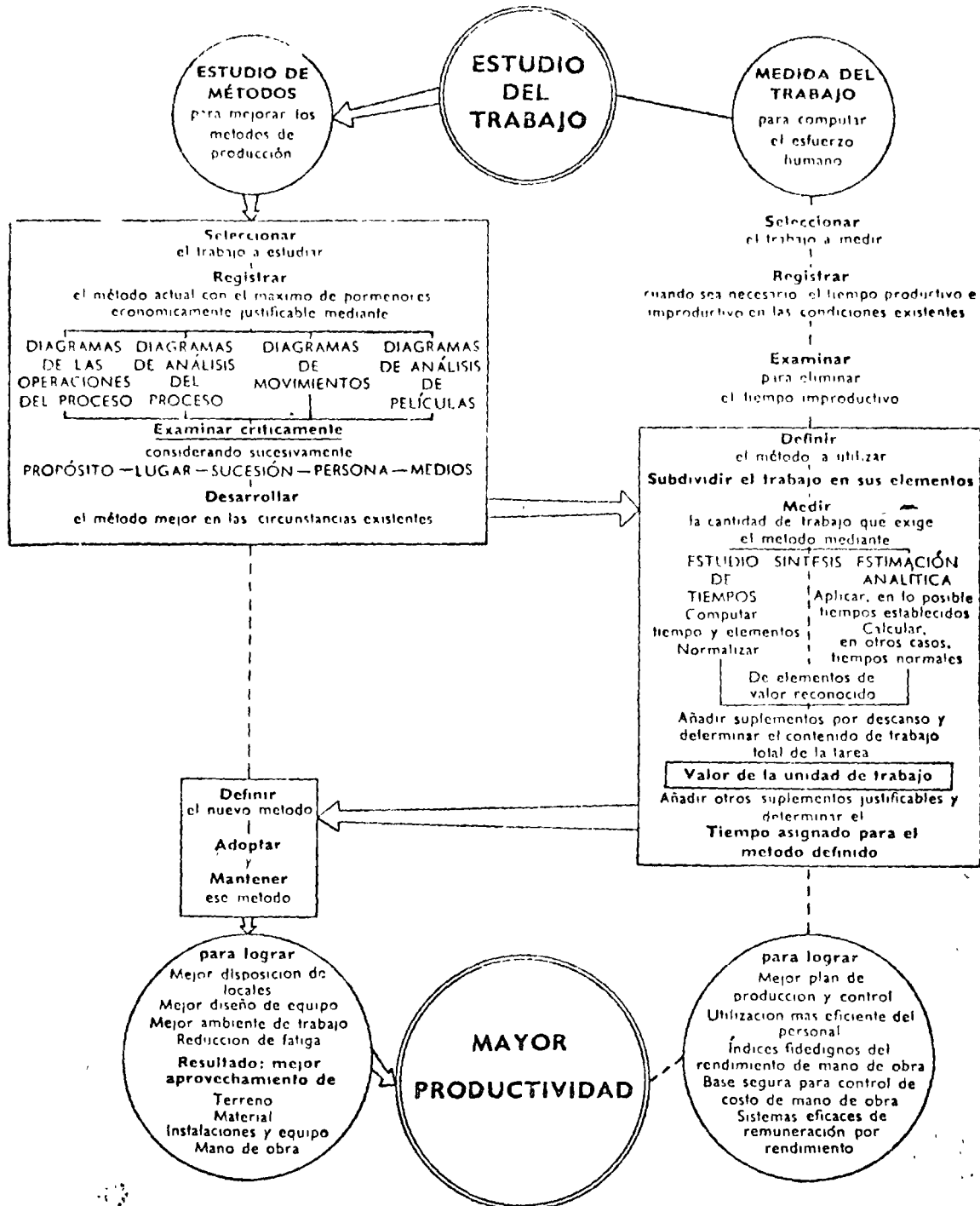
Como puede verse en dicha figura y por la lectura de los capítulos siguientes, el estudio de métodos y la medida del trabajo se componen de una serie de técnicas diversas, y si bien el estudio de métodos debe preceder al empleo de la medida del trabajo cuando se trata de fijar normas de producción, con frecuencia es necesario utilizar una de las técnicas de la medida del trabajo, como, por ejemplo, el método de las observaciones instantáneas o el estudio de la producción (véase el capítulo 19), antes de emprender el estudio de métodos. Puede igualmente utilizarse el estudio de tiempos (capítulo 14) para comparar la eficacia relativa de ambos métodos. Trataremos de esas técnicas en los capítulos dedicados a las mismas, limitándonos por ahora a considerar el procedimiento básico del estudio del trabajo que tiene que aplicarse cada vez que se emprende un estudio. **No hay un camino más corto en este terreno, ni se puede omitir ninguna etapa.**

5. PROCEDIMIENTO BÁSICO PARA EL ESTUDIO DEL TRABAJO

Es preciso recorrer ocho etapas fundamentales para realizar un estudio del trabajo completo, tres de las cuales son comunes a los procedimientos del estudio de métodos (E. M.) y a la medida del trabajo (M. T.). Son las siguientes :

1. **Seleccionar el trabajo o proceso a estudiar.** (E. M. y M. T.)
2. **Registrar mediante la observación directa** cuanto sucede utilizando las técnicas más apropiadas (que explicaremos más adelante) y disponiendo los datos de la forma más conveniente para su análisis. (E. M. y M. T.)

FIGURA 7. — ESTUDIO DEL TRABAJO ¹



¹ Esta figura ha sido reproducida y adaptada con la autorización de la Imperial Chemical Industries, Ltd., Inglaterra. La expresión «unidad de trabajo» empleada en este diagrama corresponde a la expresión «minuto tipo» utilizada en otros capítulos de esta obra.

Estudio del trabajo

3. **Examinar** los hechos registrados con espíritu crítico, analizando cada acción y teniendo presente : el propósito de la actividad; el lugar donde se lleva a cabo; el orden en que se ejecuta; quién la ejecuta, y los medios empleados. (E. M. y M. T.)
4. **Desarrollar** el método más económico habida cuenta de todas las circunstancias. (E. M.)
5. **Medir** la cantidad de trabajo que exige el método elegido y calcular un tiempo medio para su ejecución. (M. T.)
6. **Definir** el nuevo método y el tiempo correspondiente para que pueda ser identificado en todo momento. (M. T.)
7. **Adoptar** el nuevo método como práctica general en el tiempo fijado. (E. M.)
8. **Mantener** la nueva norma mediante un procedimiento de control adecuado. (E. M.)

Examinaremos detalladamente esas etapas en los capítulos dedicados al estudio de métodos y a la medida del trabajo. Sin embargo, en los dos capítulos siguientes consideraremos antes el ambiente y las condiciones que se precisan para que el estudio del trabajo pueda ser eficazmente aplicado.

4. EL ESTUDIO DEL TRABAJO Y LOS TRABAJADORES

Son tantos los que han hablado mal del estudio del trabajo, particularmente los que tienen poco o nada que ver con él, que es general suponer que causa tirantez de relaciones entre los trabajadores y la dirección. Si esas relaciones ya eran malas, prácticamente cualquier cosa contribuirá a empeorarlas, y los trabajadores encontrarán sospechosa toda iniciativa de la empresa. De la misma manera, si los trabajadores tienen confianza en la sinceridad e integridad de la dirección aceptarán cualquier técnica que tenga base sólida y cooperarán para su buen funcionamiento.

Contrariamente a lo que generalmente se cree, el estudio del trabajo tiende a mejorar las relaciones industriales si se aplica como es debido. Existen para ello varias razones :

El factor humano

1. El interés que despierta entre los trabajadores el simple hecho de que un miembro de la dirección (pues el especialista en estudio del trabajo lo es efectivamente, aunque pertenezca al personal asesor) se tome la molestia de dirigirse al obrero para estudiar con él su trabajo y sus problemas.
2. En la mayoría de los países occidentales, con inclusión de Estados Unidos, los especialistas en estudio del trabajo han sido con frecuencia los precursores de una nueva concepción, más ilustrada, de las tareas de dirección. Probablemente la llegada de un especialista en estudio del trabajo a una fábrica (como consultor, generalmente) es la primera oportunidad que muchos obreros tienen de ver a una persona de superior educación trabajar en el taller entre ellos. El efecto que esto produce entre los trabajadores suele ser muy grande. Nunca pensaron que pudiera existir un «jefe» que no les diera gritos y que parece saber más que el capataz, a quien hasta ahora consideraban el compendio de toda sabiduría. No es extraño, pues, que pronto empiece el trabajador a dirigirse al especialista en estudio del trabajo para pedirle consejo y ayuda. Esta situación es bien conocida de todos los consultores, que saben que tienen que esforzarse por evitarla. Podrán hacerlo, en gran parte, si los capataces del taller han recibido al menos la instrucción que hemos indicado.
3. Si se aplica debidamente el estudio del trabajo y se facilita información completa a los obreros y a sus representantes sobre la labor que se está realizando, teniendo a disposición de todos las hojas de observaciones, se creará un clima de confianza.
4. El estudio del trabajo mejora la continuidad de las tareas y el suministro de material. Los trabajadores suelen ver con buenos ojos lo que contribuye a eliminar las interrupciones y les permite adelantar la tarea, particularmente si trabajan a destajo.

Existen, sin embargo, algunos factores importantes que pueden ser causa de que los trabajadores se opongan al estudio del trabajo.

1. Puede haber fuerte oposición a una modificación del sistema como consecuencia del estudio de métodos, especialmente por parte de los trabajadores calificados de mayor edad. Incluso puede resultar imposible persuadir a algunos trabajadores a que adopten los nuevos métodos. Si los métodos que emplean y su rendimiento son razonablemente satisfactorios, será mejor dejarlos tranquilos, y enseñar los nuevos procedimientos solamente a los trabajadores nuevos.

Los trabajadores calificados con muchos años de trabajo se creen, generalmente con razón, maestros en su oficio, y suelen oponerse a las modificaciones, incluso cuando se les demuestra que mediante ellas lograrán elevar la productividad y mejorar la calidad. Ello se debe, en parte, a que el ser humano detesta

instintivamente los cambios, salvo los que hace él mismo, y también a que tales cambios lo hacen dudar de su propia valía como trabajador y pueden reducir su prestigio ante los ojos de sus compañeros. El especialista en estudio del trabajo deberá explicar claramente que la mayor parte de la labor que realiza no suele modificar el aspecto especializado del trabajo o del proceso de producción, sino que tiende a eliminar el desperdicio de movimientos en que se incurre para levantar y depositar algo, recoger o acarrear objetos. De esa forma, el trabajador podrá dedicar más tiempo a la parte verdaderamente especializada de su trabajo.

2. A muchos trabajadores les molesta que se cronometre su trabajo; esto puede obedecer a una actitud suspicaz hacia el cronómetro, que es posible disipar explicando adecuadamente su empleo, o simplemente al hecho de que les desagrada la presencia a su lado de otra persona que los observe. La posición y la conducta del especialista en estudio del trabajo son en este caso muy importantes, y debe procurar que el operario se habitúe a su presencia antes de computar los tiempos.

No es generalmente posible ni necesario instruir en estudio del trabajo a los trabajadores uno por uno, salvo explicarles el propósito general del mismo, pero sería conveniente dar explicaciones más completas a los representantes de los trabajadores, y si es posible, hacerlos seguir el mismo curso de instrucción que a los capataces. Si reciben dicha instrucción al mismo tiempo que los representantes de la dirección, podrán comprobar que no se les oculta nada. En los cursos organizados por las misiones de productividad de la O.I.T. en Israel y en la India, los dirigentes sindicales recibieron instrucción en los mismos cursos que los educandos enviados por las empresas. Nada contribuye más a engendrar sospechas que el intento de ocultar lo que se está haciendo, y para disiparlas lo mejor es obrar con franqueza, tanto al contestar preguntas como al comunicar la información obtenida en los estudios. El estudio del trabajo honradamente aplicado no tiene nada que ocultar.

3. Existe con frecuencia el temor a la reducción del empleo como consecuencia del estudio del trabajo, lo que puede conducir al desempleo o al traslado a otro departamento.

Es éste un auténtico problema que la dirección y los sindicatos deben abordar para trazar la política más adecuada, pero no se debe exagerar su importancia. En la mayoría de las empresas de los países insuficientemente desarrollados, e incluso de los industrialmente avanzados, es posible obtener grandes aumentos de la productividad mediante la aplicación del estudio del trabajo para mejorar la utilización y funcionamiento de las instalaciones, el aprovechamiento más eficaz de los locales y una mayor economía de materiales, sin necesidad de plantear la cuestión de la elevación de la productividad de la mano de obra. En muchos casos puede incluso ser conveniente aumentar el número de trabajadores al servicio de una parte determinada de las instalaciones si haciéndolo se logra incrementar el porcentaje de tiempo productivo en cada turno de trabajo de la fábrica, sobre todo cuando los salarios son bajos. Nunca

El factor humano

se insistirá demasiado sobre la importancia de estudiar la productividad de todos los recursos de la empresa y no limitar la aplicación del estudio del trabajo a la productividad de la mano de obra solamente. Es importante tener presente que, completamente aparte de todo temor a quedar sin ocupación, los trabajadores se sienten agraviados, como es natural, ante todo intento de mejorar su producción o eficacia cuando no se intenta rectificar deficiencias de la dirección que saltan a la vista. ¿ De qué sirve reducir a la mitad el tiempo que necesita un obrero para terminar un trabajo, mediante una aplicación acertada del estudio de métodos y de las normas de producción fijadas por la medida de tiempos, si se ve constantemente frenado por falta de materiales o por averías de la maquinaria imputables a la mala planificación de la dirección ?

Con lo anteriormente expuesto no pretendemos quitar importancia al problema del desempleo, sobre todo en muchos países insuficientemente desarrollados donde con frecuencia es excesivo el número de personal de las fábricas ; tratamos sencillamente de colocarlo en su justa perspectiva.

5. EL ESPECIALISTA EN ESTUDIO DEL TRABAJO

Hemos examinado detenidamente en los párrafos precedentes las condiciones que debe reunir el especialista en estudio del trabajo, condiciones que tal vez no sea posible hallar reunidas en realidad en ninguna persona. Raro es encontrar al hombre ideal para esta tarea, y cuando así sucede pronto deja el estudio del trabajo para ocupar puestos más elevados. Sin embargo, hay ciertos requisitos y cualidades que son esenciales para el éxito.

Educación.

Toda persona encargada de aplicar el estudio del trabajo en una empresa deberá poseer una buena instrucción secundaria, con el grado de bachiller o su equivalente, por lo menos. No es probable que quien no posea ese grado de instrucción sea capaz de aprovechar plenamente un curso completo de estudio del trabajo, aunque puede haber algunas excepciones, ya que hay personas que reúnen aptitudes especiales para este género de trabajo.

Experiencia práctica.

Es muy de desear que los que aspiran a ocupar cargos de especialistas en estudio del trabajo posean experiencia práctica en las industrias en las que hayan de trabajar, con un período de trabajo en uno o más departamentos de la industria. La experiencia del trabajo manual les ayudará a comprender lo que es un día de trabajo en las condiciones en que tiene que trabajar el trabajador medio que ha de ser el objeto de sus estudios. La experiencia práctica también les granjeará el respeto de capataces y trabajadores. Se exceptúa al graduado en escuelas técnicas, pues ha seguido un aprendizaje en las industrias mecánicas que lo capacita para adaptarse a la mayoría de las otras industrias.

Cualidades personales.

Quien quiera dedicarse a la mejora de métodos de trabajo deberá poseer inventiva, ser capaz de idear mecanismos y dispositivos sencillos, que con frecuencia ahorran gran cantidad de tiempo y de esfuerzo, y de obtener la cooperación de ingenieros y técnicos para perfeccionar su procedimiento. La persona que reúna tales aptitudes no siempre dará muestras de igual habilidad en sus relaciones humanas; por eso, en algunas grandes compañías el departamento de métodos y el de medida del trabajo funcionan separadamente, aunque bajo el mismo jefe. Esto probablemente no ocurrirá en la mayoría de los países a los que principalmente se destina este libro.

Las cualidades indispensables de un especialista en estudio del trabajo son las siguientes :

⊗ **Sinceridad y honradez.**

El especialista en estudio del trabajo deberá ser sincero y honrado, pues sólo siéndolo se granjeará la confianza y el respeto de quienes han de tratar con él.

⊗ **Entusiasmo.**

Debe sentir gran interés por su trabajo, estar convencido de la importancia de su labor y ser capaz de transmitir ese entusiasmo a los que lo rodean.

⊗ **Interés humano y don de gentes.**

Es necesario que se lleve bien con gentes de todas las categorías, para lo cual es preciso que tenga interés por conocerlas y sea capaz de comprender su mentalidad.

⊗ **Tacto.**

El tacto en las relaciones humanas nace de la comprensión de otras gentes y del deseo de no herir sus sentimientos con palabras duras o irreflexivas, aun cuando pudieran estar justificadas. Sin esta cualidad, ningún especialista en estudio del trabajo podrá llegar muy lejos.

⊗ **Buena presencia.**

Debe ser pulcro y aseado y de aspecto eficiente. Esto inspirará confianza en las personas con quienes ha de trabajar.

⊗ **Confianza en sí mismo.**

Ésta sólo puede proceder de una buena instrucción y de haber aplicado con éxito el estudio del trabajo. Deberá ser capaz de

El factor humano

mantener sus opiniones y experiencia ante la dirección superior, los capataces, dirigentes sindicales y los trabajadores, y lo hará de tal forma que se granjee el respeto de los demás y no ofenda a nadie.

Estas cualidades personales, particularmente el don de gentes, son todas susceptibles de desarrollo mediante una enseñanza adecuada. Este aspecto de la formación del especialista en estudio del trabajo ha sido descuidado en demasiados casos por creerse que bastaba con designar la persona más adecuada. En la mayoría de los cursos de estudio del trabajo es necesario dedicar más tiempo al aspecto humano de la aplicación del mismo.

Como podrá verse por los requisitos expuestos, es necesario que los resultados del estudio del trabajo, por «científicos» que sean, se apliquen con «arte», del mismo modo que cualquier otra técnica de dirección. Es un hecho que las cualidades que debe reunir un buen especialista en estudio del trabajo son las mismas que las que debe poseer un buen director de empresa. El estudio del trabajo es una escuela excelente para los jóvenes destinados a los altos cargos de dirección. No es fácil hallar personas que reúnan todas estas cualidades, pero compensa seleccionar cuidadosamente a quienes han de seguir los cursos de esta especialidad del trabajo por los resultados que se obtendrán, tanto por el aumento de la productividad como por la mejora de las relaciones humanas en las fábricas.

Una vez descrito el marco en que ha de aplicarse el estudio del trabajo, podemos examinar ahora su aplicación misma comenzando por el estudio de métodos. Pero antes de seguir adelante hemos de prestar cierta atención a algunos de los factores generales que ejercen considerable influencia sobre sus efectos, a saber, las condiciones en que se ejecuta el trabajo en la zona, fábrica o taller interesados.

culosamente.

ESTUDIO DE METODOS. 2. PROCEDIMIENTO BÁSICO

Al examinar cualquier problema es necesario seguir un orden bien determinado, que puede resumirse como sigue :

1. *DEFINIR* el problema.
2. *RECOGER* todos los datos con él relacionados.
3. *EXAMINAR* los hechos con espíritu crítico, pero imparcial.
4. *CONSIDERAR* las soluciones posibles y resolver cuál ha de seguirse.
5. *ACTUAR* conforme a la resolución adoptada.
6. *SEGUIR DE CERCA* la aplicación de la decisión.

Hemos visto ya el procedimiento básico del estudio del trabajo en su conjunto, en el que se incluyen los procedimientos correspondientes al estudio de métodos y a la medida del trabajo. Examinemos ahora el procedimiento básico para el estudio de métodos, señalando las etapas convenientes. Éstas son las que se indican en el cuadro que figura al comienzo de la página 78.

Éstas etapas son esenciales para aplicar el estudio de métodos y no es posible omitir ninguna. Para el buen éxito de toda investigación es imprescindible seguir estrictamente la sucesión establecida para esas etapas, como se expone gráficamente en el diagrama de la figura 8.

La sencillez del procedimiento básico *no debe* hacer creer al lector que el estudio de métodos es fácil y que carece de importancia. Al contrario, el estudio de métodos puede ser muy complejo, aunque para facilitar su descripción lo hayamos reducido a unas cuantas etapas sencillas.

- | | |
|----------------------|--|
| ⊙ SELECCIONAR | el trabajo que va a ser objeto de estudio. |
| ⊙ REGISTRAR | todos los hechos pertinentes acerca del método actual mediante la observación directa. |
| ⊙ EXAMINAR | esos hechos críticamente en sucesión ordenada, utilizando las técnicas más apropiadas en cada caso. |
| ⊙ DESARROLLAR | el método más práctico, económico y eficaz, teniendo debidamente en cuenta todas las contingencias posibles. |
| ⊙ ADOPTAR | ese método como práctica uniforme. |
| ⊙ MANTENER | dicho método mediante comprobaciones regulares y habituales. |

Apréndause de memoria estas seis etapas

3. SELECCIONAR EL TRABAJO QUE VA A SER OBJETO DE ESTUDIO

Algunos factores que deben ser tenidos en consideración

Cuando se trate de decidir si deberá aplicarse el estudio de métodos a un determinado trabajo, es menester tener presentes los factores siguientes:

- A. Consideraciones de índole económica.
- B. Consideraciones de orden técnico.
- C. Reacciones humanas.

A. Las consideraciones de índole económica son importantes en todas las etapas. Sería, naturalmente, perder el tiempo iniciar o continuar una larga investigación cuando sea poca la importancia de un trabajo o si se considera que éste no ha de durar mucho tiempo. Hay que preguntarse siempre en primer lugar: «¿Vale la pena iniciar el estudio de métodos para este trabajo?», y «¿Vale la pena continuar tal estudio?»

Los trabajos cuya selección se impone desde un principio son los siguientes:

- los «agolpamientos» que retrasen otras operaciones de producción;
- los desplazamientos importantes de materiales entre talleres muy distantes o las operaciones que requieran gran cantidad de mano de obra y de equipo;
- las operaciones que impliquen trabajo repetitivo, con gran número de obreros, y que puedan durar mucho tiempo.

B. Las **consideraciones de orden técnico** suelen ser evidentes. Lo más importante es disponer de la colaboración técnica necesaria para llevar a cabo el estudio. Ejemplos :

- en la cerámica, meter en el horno material no cocido. Un cambio de método puede dar por resultado un aumento de la productividad de las instalaciones y de la mano de obra, pero pueden existir razones de orden técnico que no aconsejen tal cambio ; en ese caso es preciso consultar al especialista en cerámica ;
- una máquina-herramienta que retrase la producción por funcionar a una velocidad inferior a la normal para la más eficaz utilización de las herramientas cortantes de que está provista. ¿ Es posible hacerla funcionar más de prisa ? ¿ Podrá la máquina resistir el nuevo ritmo ? La respuesta deberá dárla el especialista en máquinas-herramientas.

C. Las **reacciones humanas** son muy difíciles de prever, pues es preciso imaginar por anticipado las de índole mental y emocional ante la investigación o los cambios de método. La experiencia en materia de personal y las condiciones locales pueden facilitar la solución de tales dificultades. Debe instruirse a los dirigentes sindicales, a los representantes de los trabajadores y a los obreros mismos sobre los principios generales y los objetivos reales del estudio de métodos. Si a pesar de ello el estudio de un determinado trabajo causa malestar o resentimiento, es mejor **abandonarlo**, por muy prometedor que parezca desde el punto de vista económico. Si se estudian con éxito otros trabajos y son evidentes los beneficios resultantes para todos los que toman parte en los mismos, se producirá un cambio de opinión y llegará el momento oportuno de volver a emprender el primer estudio.

Los trabajadores aceptarán de mejor grado el estudio de métodos si los temas elegidos en primer lugar son los menos gratos para ellos, como las faenas sucias, o las que requieren levantar grandes pesos. Si se consigue mejorar tales faenas y eliminar sus características más desagradables, los obreros comprenderán que el estudio de métodos reduce efectivamente el esfuerzo y la fatiga, y le dispensarán buena acogida.

Posibilidades de selección

Suelen ser muy amplias las posibilidades de elegir tareas que pueden ser objeto del estudio de métodos en cualquier fábrica o lugar de trabajo donde se efectúen desplazamientos de materiales o trabajos manuales (con inclusión del trabajo normal de oficina). En el cuadro 6 se expone el campo general de selección, desde la investigación más amplia posible, que puede abarcar el funcionamiento general de la fábrica, hasta el estudio de los movimientos de un obrero. Al lado de cada clase de trabajo se enumeran las técnicas que pueden

Capítulo 8

REGISTRAR, EXAMINAR Y DESARROLLAR

1. REGISTRAR LOS HECHOS

Después de elegir el trabajo que va a ser objeto de estudio, la siguiente etapa del procedimiento básico es la dedicada a **registrar todos** los hechos relativos al método existente. El éxito de todo el procedimiento depende del grado de exactitud con que se registren los hechos, puesto que éstos han de servir de base para el examen crítico y el desarrollo del método perfeccionado. Por consiguiente, es esencial que las anotaciones sean claras y concisas.

Suelen registrarse los hechos anotándolos por escrito, pero desgraciadamente este procedimiento no se presta para registrar las técnicas complicadas que son tan frecuentes en la industria moderna. Éste es especialmente el caso cuando se emplean materiales en diversos momentos del proceso, sobre todo cuando

Registrar, examinar y desarrollar

cada uno de ellos ha sido elaborado antes de entrar en el proceso general. Por eso se consideró mas conveniente utilizar otras técnicas o « instrumentos » de registro.

Diagrama del proceso

Es, en sus diversas modalidades, el primero de los « instrumentos » aludidos.

El diagrama del proceso es la representación gráfica de la sucesión de hechos o fases que se presentan al aplicar el método o procedimiento de trabajo, clasificándolos mediante símbolos según la naturaleza de cada cual. Es un modo de dar forma visible a un procedimiento con el propósito de mejorarlo.

Las dos actividades principales en un proceso¹ son la **operación** y la **inspección**, que se representan mediante los símbolos siguientes²:



OPERACIÓN

Se dice que hay una operación cuando se modifican intencionadamente cualesquiera características físicas o químicas de un objeto, cuando éste se monta o desmonta con relación a otro objeto o se prepara para una operación subsiguiente, como el transporte, la inspección o el almacenamiento. También existe una operación cuando se facilita o recibe información o se hacen cálculos o planes.



INSPECCIÓN

Se dice que hay inspección cuando un objeto es examinado para fines de identificación o para comprobar la cantidad o calidad de cualquiera de sus propiedades.

La distinción entre esas dos actividades es clara:

Mediante la **operación**, el material, parte componente o servicio, da un paso más hacia la terminación del ciclo correspondiente, bien sea al modificar su forma, como en el caso del material elaborado, o su composición química, tratándose de un proceso químico, o sumando o restando material, como al efectuar un montaje. Una operación también puede consistir en la preparación de cualquier actividad que favorezca la terminación del producto.

¹ Véase la definición de « proceso » en la pág. 21, nota 1.

² Los símbolos y definiciones que utilizamos en esta página, en la siguiente y en toda la presente obra son los recomendados por la Asociación de Ingenieros Mecánicos de Estados Unidos. Su aceptación es relativamente reciente. En el apéndice 7 (pág. 361) figura una lista de los símbolos previamente empleados y que todavía se utilizan en la mayoría de los manuales corrientes.

La inspección no contribuye a la conversión del material en producto acabado. Únicamente sirve para comprobar si una operación ha sido ejecutada correctamente en lo que se refiere a calidad y cantidad. Si los seres humanos fueran infalibles, la mayoría de las inspecciones serían innecesarias.

Con frecuencia se precisa mayor detalle gráfico del que es posible ofrecer mediante esos dos símbolos; por esa razón se utilizan estos otros tres:



TRANSPORTE

Hay **transporte** cuando un objeto es trasladado de un lugar a otro, salvo cuando el traslado forme parte de una operación, o sea efectuado por los operarios en su lugar de trabajo en el curso de una operación o inspección. Utilizamos en todo este trabajo el símbolo del transporte siempre que exista manipulación de materiales para colocarlos en camiones, bancos, depósitos, etc.



ESPERA

Hay **espera** con relación a un objeto cuando las condiciones (salvo las que modifican intencionadamente las características físicas o químicas del objeto) no permiten o requieren la ejecución de la acción siguiente prevista. La espera también se denomina almacenamiento temporal, por ejemplo, cuando el trabajo se amontona en el suelo de un taller entre una y otra operación, hay cajas en espera de ser desempaquetadas, piezas que aguardan ser colocadas en su depósito o una carta en espera de la firma.



ALMACENAMIENTO

Existe **almacenamiento** cuando un objeto es guardado y protegido contra el traslado no autorizado del mismo.

La diferencia entre «almacenamiento» y «almacenamiento temporal» consiste en que para sacar un artículo que esté en almacenamiento se necesita una petición, un vale u otra autorización oficial que no es necesaria cuando se trata de almacenamiento temporal.



Actividades combinadas. Cuando se deseen expresar actividades ejecutadas al mismo tiempo o por el mismo operario en un mismo lugar de trabajo, se combinan los símbolos de tales actividades, por ejemplo, mediante un círculo dentro de un cuadrado para representar la actividad combinada de operación e inspección.

Diagrama de las operaciones del proceso

Con frecuencia es útil contemplar a vista de pájaro la totalidad del proceso o actividad antes de emprender su estudio detallado. Esto se consigue mediante el **diagrama de las operaciones del proceso**.

El diagrama de las operaciones del proceso es la representación gráfica de la sucesión de todas las operaciones e inspecciones de que consta el proceso o procedimiento, con indicación de los puntos de entrada de los materiales.

Se registran en el solamente las operaciones principales y las inspecciones efectuadas para comprobar la eficacia de aquéllas, sin tener en cuenta quién las ejecuta ni dónde se llevan a cabo. Para preparar este diagrama se necesitan solamente los dos símbolos correspondientes a « operación » y a « inspección ».

Además de la información que proporcionan los símbolos y su sucesión, se incluye al lado de los mismos una breve nota sobre la naturaleza de cada operación o inspección y, cuando se conozca, el tiempo a ellas asignado.

La figura 10 es un ejemplo de diagrama de las operaciones del proceso. A fin de que el lector se percate bien del sistema, el montaje que representa el diagrama se ilustra por medio de un croquis (figura 9) y las operaciones del mismo se enumeran detalladamente a continuación.

FIGURA 9. — ROTOR DE INTERRUPTOR

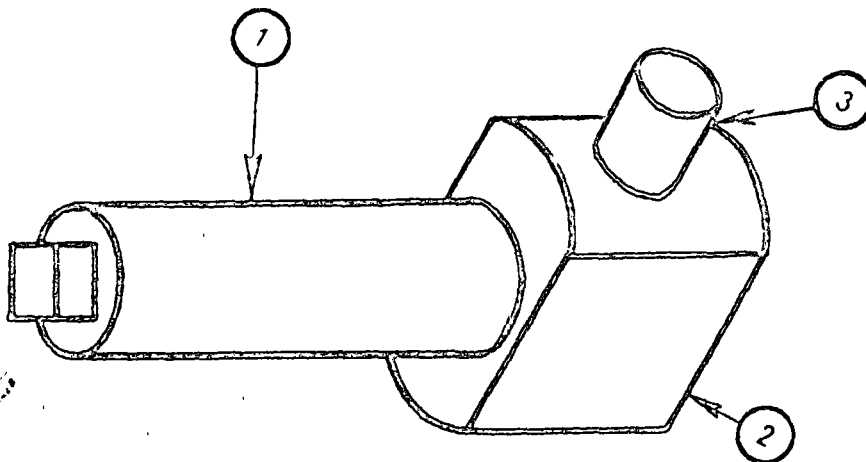
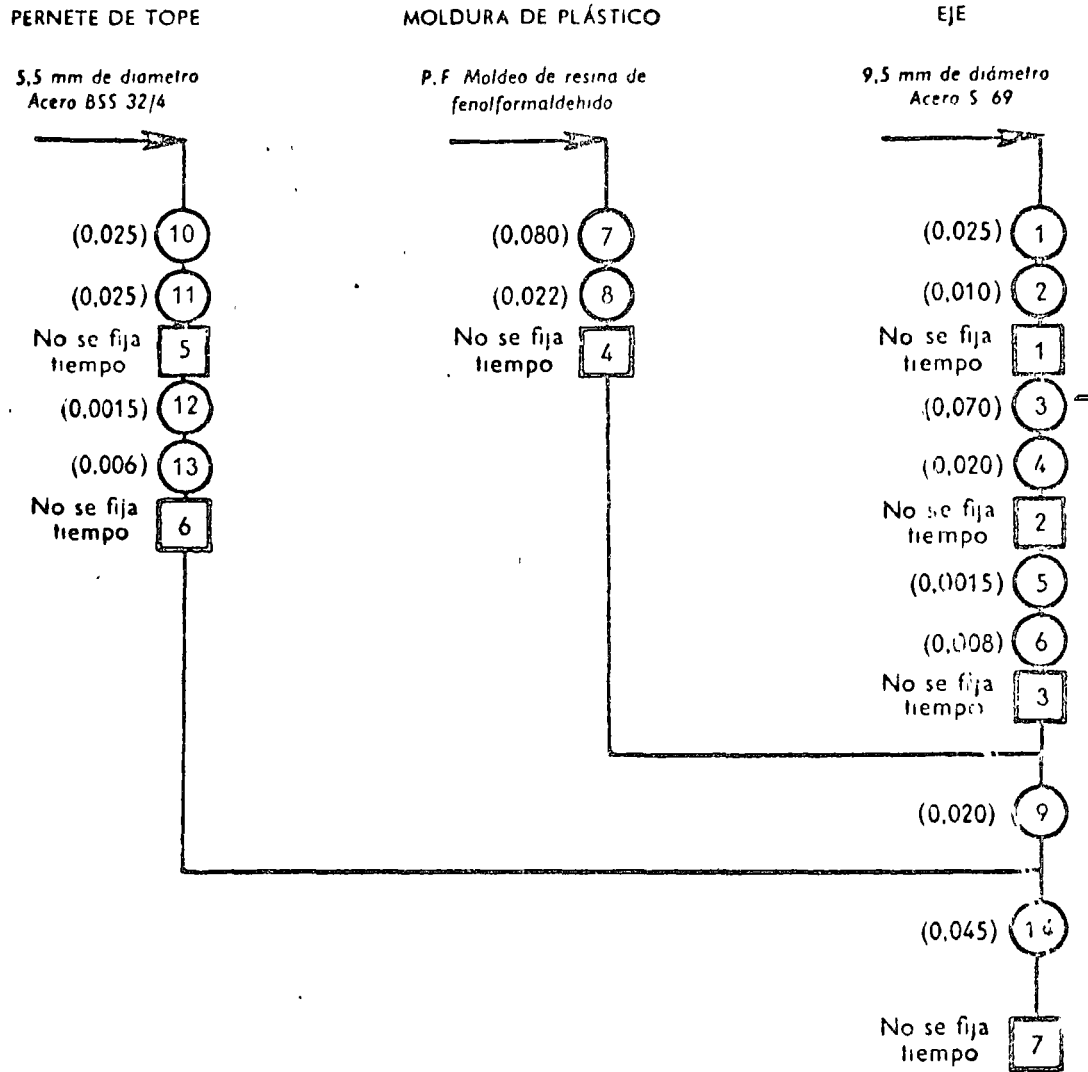


FIGURA 10. — DIAGRAMA DE LAS OPERACIONES DEL PROCESO :
MONTAJE DE UN ROTOR DE INTERRUPTOR



Inspección 7.

Inspección final del montaje terminado. (No se fija tiempo.)

Vuelve luego al almacén de piezas terminadas.

Como dijimos con anterioridad en este capítulo, el propósito del diagrama de las operaciones del proceso es ofrecer una ojeada general de las actividades, a fin de eliminar las que sean innecesarias o combinar las que puedan realizarse juntamente. Por regla general, es necesario dar más detalles de los que es posible indicar mediante el diagrama de operaciones del proceso. En las páginas siguientes describiremos el diagrama de análisis del proceso y su empleo como instrumento para perfeccionar los métodos.

Diagrama de análisis del proceso o DE FLUJO.

Después de fijar las líneas generales del proceso será posible detallar los pormenores del mismo. Lo primero es componer un diagrama de análisis del proceso de forma análoga a la empleada para componer el diagrama de las operaciones del proceso, pero utilizando además de los símbolos de «operación» e «inspección», los de «transporte», «espera» y «almacenamiento».

El diagrama de análisis del proceso indica las diversas actividades a que da lugar un trabajo o un producto en la fábrica o departamento, anotando todas ellas por medio de los símbolos apropiados.

Las actividades del proceso pueden referirse al material o al operario. Los diagramas de análisis del proceso tratan concretamente de los procedimientos, inspecciones y movimientos a que son sometidos los materiales. Los diagramas del proceso que expresan las actividades del hombre se denominan diagramas del operario en el proceso y de ellos tratamos en el capítulo 10.

Debido a su mayor complejidad, el diagrama de análisis del proceso no registra habitualmente todas las operaciones que pueden consignarse en el diagrama del proceso de una sola operación. Suele hacerse un diagrama para cada pieza importante de un montaje a fin de estudiar separadamente la manipulación, espera y almacenamiento que necesita cada una. Por eso, el diagrama de análisis del proceso suele ser una línea única.

La figura 11 es un ejemplo de diagrama de análisis del proceso establecido para estudiar las operaciones, etc., encaminadas a desmontar, desengrasar y limpiar un motor de autobús que va a ser inspeccionado. Son autores de ese diagrama dos alumnos de un curso dado por un experto de la O.I.T. en los

talleres de Dapodi, de la Jefatura de Transporte del Estado de Bombay. Después de estudiar en las páginas siguientes los principios en que se basa la composición de diagramas de análisis del proceso, examínalos detalladamente el citado ejemplo.

Cuando se utilizan regularmente los diagramas de análisis del proceso, es conveniente emplear hojas impresas o mimeografiadas del tipo que se indica en la figura 12¹. Con ello se evita también que el especialista en estudio del trabajo omita alguna información necesaria. En la figura 12 se expone nuevamente la operación que acaba de describirse en la figura 11.

Antes de examinar todas las aplicaciones posibles del diagrama de análisis del proceso como medio de analizar críticamente el trabajo y de determinar los métodos más adecuados, vale la pena comentar ciertos aspectos relativos a la preparación de diagramas del proceso. Tales diagramas son importantes porque constituyen el instrumento más eficaz para perfeccionar los métodos y porque, sea cual fuere la técnica que más adelante se utilice, la preparación del diagrama del proceso es siempre el primer paso que hay que dar.

Al preparar un diagrama de análisis del proceso deben tenerse siempre en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Se hace la representación gráfica de las operaciones para registrar los resultados de una encuesta porque así es posible ofrecer una visión panorámica de lo que está sucediendo, se facilita la comprensión de la situación general y se presentan los hechos con la relación que tienen entre sí.
2. Los detalles que figuran en el diagrama deben obtenerse mediante **observación directa** en la misma fábrica o taller. Registrarlos en el diagrama es quitar a la mente ese cuidado y facilitar su referencia o aclaración a otras personas. Los diagramas no deberán hacerse de memoria, sino **a medida que se observa el trabajo** (excepto los destinados a ilustrar un nuevo método propuesto).
3. Los diagramas deberán componerse con el mayor cuidado y exactitud basándose en los hechos registrados, puesto que se utilizarán para explicar a otras personas propuestas encaminadas a normalizar el trabajo o a mejorar los métodos del mismo. Un diagrama compuesto con descuido causaría mala impresión en las personas a las que se desea persuadir de la excelencia del estudio del trabajo.
4. Para que en el futuro sigan teniendo valor como referencia y para que faciliten la información más completa posible, todos los diagramas deberán llevar un encabezamiento con los detalles siguientes (véase figura 12):

¹ En los diagramas de esta clase los cinco símbolos suelen repetirse a lo largo de toda la columna correspondiente, pero no ha parecido indispensable repetirlos aquí.

Registrar, examinar y desarrollar

- a) El nombre del producto o material con los números del dibujo o de la clave ¹.
 - b) La operación que se ejecuta, marcando claramente los puntos de partida y de término, y expresando si el método que se aplica es el habitual o uno propuesto.
 - c) El lugar en que se efectúa la operación (departamento, fábrica, local, etc.).
 - d) El número de referencia del diagrama y de la hoja y el número de hojas.
 - e) El nombre del observador y, si se juzga conveniente, el de la persona que aprueba el diagrama.
 - f) Fecha del estudio.
 - g) Lista de los símbolos empleados. Esto es necesario para facilitar la labor de los que utilicen el diagrama posteriormente, ya que pueden estar habituados a símbolos distintos. Es conveniente exponerlos como parte de un cuadro resumen de las actividades presentes y de los métodos propuestos (véase figura 12).
 - h) Resumen de la distancia, tiempo y, si se juzga conveniente, del costo de la mano de obra y de los materiales, para poder comparar los métodos antiguos con los nuevos. Esto último no es imprescindible.
5. Antes de terminar el diagrama, es menester comprobar los extremos siguientes :
- a) ¿ Han sido registrados los hechos correctamente ?
 - b) ¿ Ha habido un exceso de simplificación por ser la investigación incompleta y, por lo tanto, quizá inexacta ?
 - c) ¿ Han sido registrados todos los hechos que constituyen el proceso ?

Las notas que anteceden se refieren solamente, por supuesto, a la fase consistente en registrar los hechos; debemos considerar ahora las medidas necesarias para **examinar** críticamente los hechos registrados.

2. EXAMINAR CRÍTICAMENTE

Ejemplo : Desmontaje, limpieza y desengrase de motores

Para esta fase se utiliza una « sucesión de preguntas » de modo imparcial y objetivo.

¹ En el modelo de diagrama que utilizamos en esta obra empleamos la palabra « hombre » a fin de que sirva también para los diagramas del operario en el proceso (capítulo 10).

**FIGURA 12. — DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO EN FORMULARIO :
DESMONTAJE, LIMPIEZA Y DESENGRASE DE UN MOTOR
(Método original)**

DIAGRAMA Núm. 1		HOJA Núm. 1		R E S U M E N					
PRODUCTO/MATERIAL/HOMBRE <i>Motores de autobus usados</i>				ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMIA		
ACTIVIDAD <i>Desmontar, limpiar y desengrasar antes de la inspección</i>				OPERACION <input type="radio"/>	4				
				TRANSPORTE <input type="radio"/>	21				
				ESPERA <input type="radio"/>	3				
				INSPECCION <input type="checkbox"/>	1				
				ALMACENAMIENTO <input type="checkbox"/>	1				
MÉTODO ACTUAL PROPUESTO				DISTANCIA (metros)	238.5				
LUGAR <i>Taller de desengrasado</i>				TIEMPO (min-hombre)	---	---	---		
OPERARIO(S) A B Num DE LA FICHA 1274				COSTO	---				
C D 571				MANO DE OBRA	---				
COMPUESTO POR R F Unwala y K V Rao				MATERIAL	---				
APROBADO POR L M B FECHA 11/11/55				TOTAL	---	---	---		
DESCRIPCION	CANTIDAD	DISTANCIA (metros)	TIEMPO (minutos)	SÍMBOLO					OBSERVACIONES
				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<i>Almacenamiento en local de motores usados</i>	1	---	---						
<i>Recoger motor</i>									<i>Con grua eléctrica</i>
<i>Transportar hasta grua siguiente</i>		24.5							<i>Con grua eléctrica</i>
<i>Descargar en tierra</i>									
<i>Recoger</i>									<i>Con grua eléctrica</i>
<i>Transportar hasta taller de desmontaje</i>		30.5							<i>Con grua eléctrica</i>
<i>Descargar en tierra</i>									
<i>Desmontar motor</i>									
<i>Limpiar y colocar piezas principales</i>									
<i>Examinar estado de las piezas y escribir informe de la inspección</i>									
<i>Transportar las piezas hasta la jaula de desengrasada</i>		3							
<i>Cargar para desengrasar</i>									
<i>Transportar hasta la desengrasadora</i>		1.5							<i>Con grua de mano</i>
<i>Colocar en la desengrasadora</i>									
<i>Desengrasar</i>									
<i>Sacar de la desengrasadora</i>									<i>Con grua de mano</i>
<i>Transportar desde la desengrasadora</i>		6							<i>Con grua de mano</i>
<i>Descargar en tierra</i>									
<i>Dejar que se enfríe</i>									
<i>Transportar hasta bancos de limpieza</i>		12							<i>A mano</i>
<i>Limpiar por completo todas las piezas</i>									
<i>Colocar todas las piezas limpias en una caja</i>		9							<i>A mano</i>
<i>Esperar transporte</i>									
<i>Cargar todas las piezas en un carrillo, excepto los bloques y las culatas de los cilindros</i>									
<i>Transportar hasta departamento de inspección de motores</i>		76							<i>En carrillo</i>
<i>Descargar y colocar las piezas sobre la mesa de inspección</i>									
<i>Cargar el bloque y las culatas de los cilindros en un carrillo</i>									
<i>Transportar hasta el departamento de inspección de motores</i>		76							<i>En carrillo</i>
<i>Descargar en tierra</i>									
<i>Almacenar temporalmente en espera de inspección</i>									
TOTAL		238.5		4	21	3	1	1	

Registrar, examinar y desarrollar

Las cinco clases de actividades registradas en el diagrama de análisis del proceso se dividen en las dos categorías principales siguientes :

- aquellas en el curso de las cuales sucede efectivamente algo al material o pieza objeto del estudio, es decir, se la trabaja, traslada o examina;
- aquellas en que no se toca directamente el material o trabajo, que queda almacenado o inactivo por efecto de una espera.

Las actividades de la primera categoría pueden subdividirse en los tres grupos siguientes :

- ⊙ **Actividades « preparatorias »**, necesarias para disponer la tarea o material dejándolo listo y en posición para el trabajo. En el ejemplo de la figura 11 pertenecen a este género de actividad la carga y transporte del motor al taller de desengrasado, su transporte a los bancos de limpieza, etc.
- ⊙ **Operaciones « activas »**, que modifican la forma, composición química o condición física del producto, como, por ejemplo, desmontar, limpiar y desengrasar.
- ⊙ **Actividades de « salida »**, como sacar el material de la máquina o lugar de trabajo. Estas actividades en una operación pueden ser las « preparatorias » de la operación siguiente, como, por ejemplo, el transporte entre las operaciones desde la desengrasadora hasta los bancos de limpieza. Otros ejemplos : colocar piezas en un almacén o cartas en una bandeja de « salida »; inspeccionar las piezas terminadas.

Como puede verse, es posible representar las actividades correspondientes a las fases « preparatoria » y de « salida » mediante los símbolos de « transporte » e « inspección », pero únicamente las operaciones « activas » pueden representarse mediante el símbolo de « operación ».

Es evidente que el estudio de métodos debe procurar que exista el mayor número posible de operaciones « activas », puesto que sólo ellas contribuyen a la evolución del producto desde su estado de materia prima hasta el de artículo terminado. (Son operaciones « activas » en las industrias no manufactureras aquellas mediante las que se ejecutan las actividades propias de la organización, como, por ejemplo, vender en una tienda o escribir a máquina en una oficina.) Son éstas las actividades « productivas »; todas las demás, por necesarias que sean, pueden considerarse « no productivas » (véase figura 11).

Por consiguiente, las primeras actividades que deben someterse a prueba son las que tienen evidentemente carácter « no productivo », con inclusión de los almacenamientos y esperas que equivalen a inmovilizar un capital que podría utilizarse para promover el negocio. La sucesión de preguntas que se emplea sigue una ordenación establecida con el fin de determinar :

el <i>PROPÓSITO</i>	para el que	} se emprenden tales actividades
el <i>LUGAR</i>	donde	
la <i>SUCESIÓN</i>	en que	
la <i>PERSONA</i>	por la que	
o los <i>MEDIOS</i>	por los que	

con objeto de	{	<i>ELIMINAR</i> <i>COMBINAR</i> <i>ORDENAR DE NUEVO</i> o <i>SIMPLIFICAR</i>	}	dichas actividades
---------------	---	--	---	--------------------

Las preguntas pueden combinarse como sigue:

<i>PROPÓSITO:</i>	{	¿ Qué es lo que se hace? ¿ Es necesario? ¿ Por qué es necesaria la actividad?	}	<i>ELIMINAR</i> partes innecesarias del trabajo
<i>LUGAR:</i>	{	¿ Dónde se hace? ¿ Es necesario hacerlo allí?	}	<i>COMBINAR</i> siempre que sea posible u
<i>SUCESIÓN:</i>	{	¿ Cuándo se hace? ¿ Es necesario hacerlo entonces?	}	
<i>PERSONA:</i>	{	¿ Quién lo hace? ¿ Podría hacerlo mejor otro?	}	<i>ORDENAR</i> de nuevo la sucesión de las operaciones para obtener mejores resultados
<i>MEDIOS:</i>	{	¿ Cómo se hace? ¿ Podría hacerse más económicamente de otro modo?	}	<i>SIMPLIFICAR</i> la operación

Cada interrogante puede descomponerse más detalladamente como sigue:

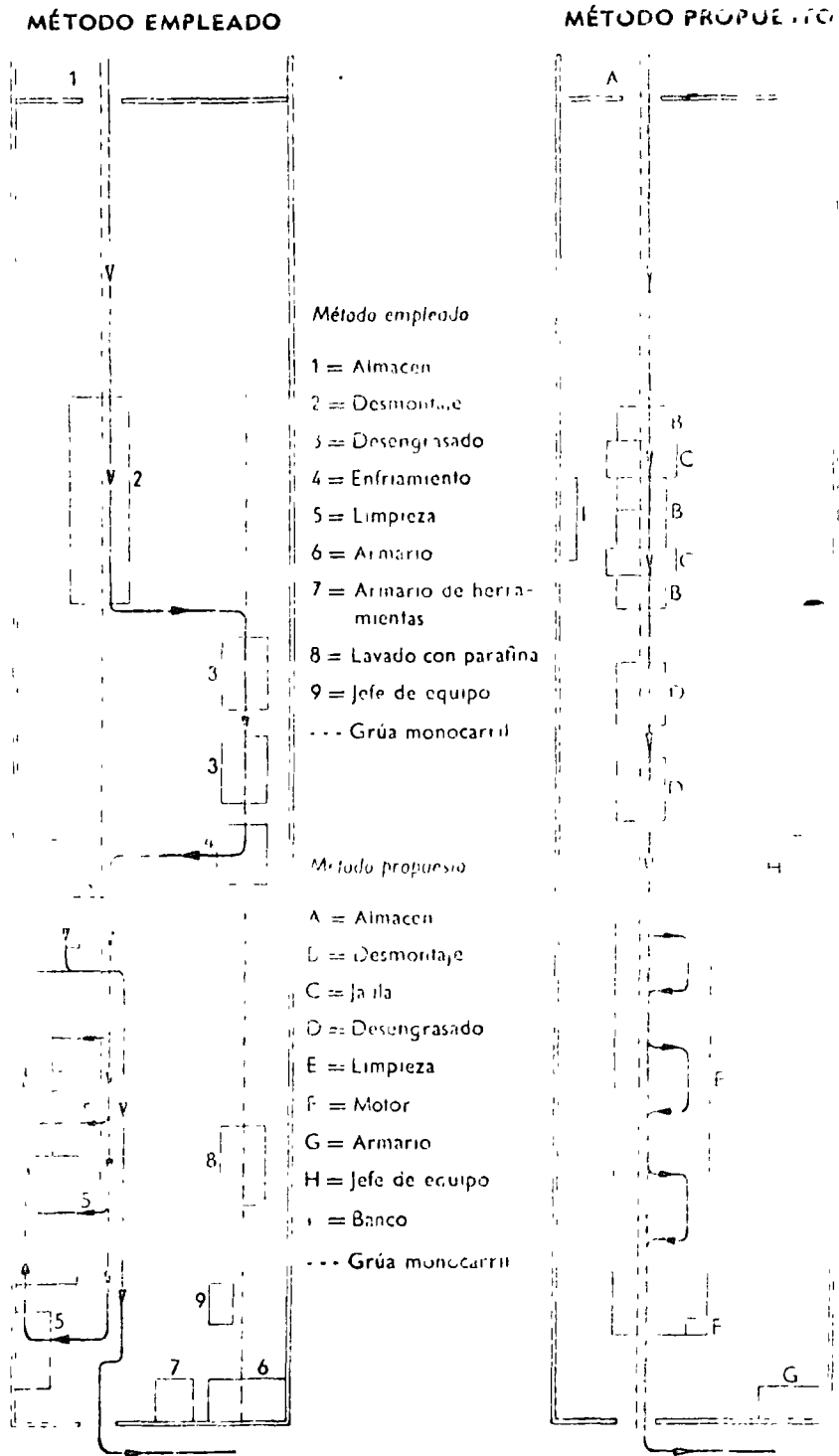
PROPÓSITO:

- ¿ Qué se hace?
- ¿ Por qué se hace?
- ¿ Qué otra cosa podría hacerse?
- ¿ Qué debería hacerse?

LUGAR:

- ¿ Dónde se hace?
- ¿ Por qué se hace allí?
- ¿ En qué otro lugar podría hacerse?
- ¿ Dónde debería hacerse?

FIGURA 13. — DISPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO DE DESMONTAJE, LIMPIEZA Y DESENGRASE DE UN MOTOR



SUCESIÓN:

- ¿ Cuándo se hace ?
- ¿ Por qué se hace entonces ?
- ¿ Cuándo podría hacerse ?
- ¿ Cuándo debería hacerse ?

PERSONA:

- ¿ Quién lo hace ?
- ¿ Por qué lo hace esa persona ?
- ¿ Qué otra persona podría hacerlo ?
- ¿ Quién debería hacerlo ?

MEDIOS:

- ¿ Cómo se hace ?
- ¿ Por qué se hace de ese modo ?
- ¿ De qué otro modo podría hacerse ?
- ¿ Cómo debería hacerse ?

Es necesario formular sistemáticamente esas preguntas cada vez que se emprende un estudio de métodos, pues son la base del éxito del citado estudio.

Consideremos ahora cómo procedieron los cursillistas que compusieron el diagrama de análisis del proceso de la figura 11 al examinar los hechos registrados con el fin de hallar un método mejor. Traslademos antes dichos datos un formulario corriente de análisis del proceso (figura 12), completándolo con la información necesaria sobre la operación, lugar, etc.

El formato de dicho impreso, como el de todos los que utilizamos en esta obra, permite llenarlo en una máquina de escribir del tipo normal. La posición de los símbolos por columnas también permite agrapar los datos que se utilizan.

La figura 13 contiene un diagrama que muestra la disposición del departamento de desengrasado y el recorrido del motor desde el almacén de motores usados hasta el departamento de inspección de motores, para que el lector pueda apreciar visualmente la operación. Puede verse claramente que el motor y sus piezas siguen un derrotero innecesariamente complicado.

El examen del diagrama de análisis del proceso muestra un elevado porcentaje de actividades « no productivas ». Hay, efectivamente, solo cuatro operaciones y una inspección, mientras que se registran veintiún transportes y tres esperas. De un total de veintinueve operaciones, con exclusión del almacenamiento original, solamente cinco pueden considerarse « productivas ».

El examen detallado del diagrama plantea varias cuestiones; por ejemplo, se observará que al transportar el motor desde el almacén de motores usados

es preciso cambiar de grúa en mitad del recorrido. Apuñemos la técnica indicada en la siguiente exposición:

P. ¿Qué se hace?

R. Una grúa eléctrica transporta al motor durante una parte de su recorrido por los almacenes; luego es colocado en tierra y otra grúa lo iza y lo transporta hasta el taller de desmontaje.

P. ¿Por qué se hace?

R. Porque los motores están almacenados de un modo que no permite que la grúa monocarril que pasa por los almacenes y el taller de desengrasado los recoja directamente.

P. ¿Qué otra cosa podría hacerse?

R. Los motores podrían almacenarse de modo que la grúa monocarril tuviera acceso directo a los mismos, lo que permitiría llevarlos directamente por medio de esa grúa hasta el taller de desmontaje.

P. ¿Qué debería hacerse?

R. Debe seguirse la propuesta indicada.

De hecho, la propuesta en cuestión fué aceptada, suprimiéndose de esa forma tres «transportes» (véase figura 14).

Continuemos con la serie de preguntas:

P. ¿Por qué limpiar las piezas del motor antes de ser desengrasadas para limpiarlas otra vez después de quitarles la grasa?

R. No se recuerda el motivo que aconsejó esta práctica en un principio.

P. ¿Por qué se inspeccionan en esta fase piezas grasientas cuando debe ser difícil inspeccionarlas adecuadamente en tal estado y han de ser examinadas nuevamente en el departamento de inspección de motores?

R. No se recuerda el motivo que aconsejó esta práctica en un principio.

Es frecuente oír esa contestación cuando se aplica dicha técnica indicada. Muchas veces se llevan a cabo actividades por motivos que fueron importantes en su día (como medidas provisionales para que un taller empiece a producir inmediatamente no habiendo instalaciones y equipo adecuados) y siguen practicándose mucho tiempo después de haber desaparecido el motivo. Cuando éste no exista, es preciso suprimir las actividades innecesarias sus contemplaciones.

Las cuestiones que seguidamente se plantean se refieren a la colocación en la desengrasadora. En este caso era necesario transportar las piezas a una

FIGURA 14. — DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO EN FORMULARIO :
DESMONTAJE, LIMPIEZA Y DESNGRASE DE UN MOTOR

(Método perfeccionado)

DIAGRAMA Num 2 HOJA Num 1		R E S U M E N					
PRODUCTO	MATERIAL	HOMBRE	ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMÍA		
Motores de autobus usados			OPERACION	4	3	1	
ACTIVIDAD			TRANSPORTE	21	15	6	
Desmontar, desengrasar y limpiar antes de la inspeccion			ESPERA	3	2	1	
MÉTODO ACTUAL, PROPUESTO			INSPECCION	1	—	1	
LUGAR Taller de desengrasado			ALMACENAMIENTO	1	1	1	
OPERARIOS A B Num DE LA FICHA (S) 234			DISTANCIA (metros)	238.5	150	88.5	
C D 571			TIEMPO (min-hombre)	—	—	—	
COMUESTO POR R F Unwalla y K V Rao			COSTO	—	—	—	
APROBADO POR L M B FECHA 11-11-55			MANO DE OBRA	—	—	—	
			MATERIAL	—	—	—	
			TOTAL	—	—	—	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DISTANCIA (metros)	TIEMPO (minutos)	SIMBOLO			OBSERVACIONES
Almacenamiento en local de motores usados	—	—	—	○	⇌	□	
Recoger motor	—	—	—	○	⇌	□	
Transportar hasta el taller de desmontaje	—	55	—	⇌			Grúa eléctrica monocarril
Descargar el motor	—	—	—	○			
Desmontar el motor	—	—	—	□			
Transportar hasta la jaula de desengrasado	—	1	—	⇌			A mano
Colocar en la jaula	—	—	—	□			Grúa
Transportar hasta la desengrasadora	—	1.5	—	⇌			»
Colocar en la desengrasadora	—	—	—	□			»
Desengrasar	—	—	—	□			»
Retirar de la desengrasadora	—	—	—	⇌			»
Transportar desde la desengrasadora	—	4.5	—	⇌			»
Descargar en tierra	—	—	—	○			
Dejar que se enfríe	—	—	—	□			
Transportar hasta los bancos de limpieza	—	6	—	⇌			»
Limpiar todas las piezas	—	—	—	□			
Recoger todas las piezas en bandejas especiales	—	6	—	⇌			
Esperar transporte	—	—	—	○			
Cargar bandejas y bloque de los cilindros en un carrillo	—	—	—	□			
Transportar hasta el departamento de inspección de motores	—	76	—	⇌			En carrillo
Deslizar las bandejas hasta los bancos de inspeccion y los bloques hasta la plataforma	—	—	—	□			
TOTAL		150		3	15	2	— 1

distancia de 3 metros para colocarlas en la jaula de desengrasado. ¿Por qué no colocar la jaula más cerca? ¿No sería posible meter las piezas directamente en la jaula cuando se desmonta el motor?

Las preguntas y respuestas que anteceden permitían comprender cómo se puede aplicar esta técnica; quizás parezcan a veces un tanto infantiles en la forma expuesta, pero téngase en cuenta que el cuestionario se desarrolla con extraordinaria rapidez en la mente de un navegador experto. Si se observa rigidamente, hay la seguridad de no omitir nada.

3. DESARROLLAR EL MÉTODO PERFECCIONADO

Según un dicho antiguo, acertar en la pregunta es andar la mitad del camino que conduce a una respuesta acertada. Esto es particularmente aplicable al estudio de métodos. Como puede verse en el brevisimo ejemplo citado sobre el empleo de la sucesión de preguntas, la misma formulación de éstas nos da, en la mayor parte de los casos, las respuestas a las mismas. Contestadas las preguntas:

- ¿Qué debería hacerse?
- ¿Dónde debería hacerse?
- ¿Cuándo debería hacerse?
- ¿Quién debería hacerlo?
- ¿Cómo debería hacerse?

incumbe al especialista en estudio del trabajo llevar a la práctica el resultado de sus investigaciones.

Para hacerlo deberá registrar, en primer lugar, el método propuesto en un diagrama de análisis del proceso para compararlo con el método original y comprobar que no ha habido omisión alguna. Ello también permitirá registrar en el « resumen » el número total de actividades efectuadas con arreglo a ambos métodos, las economías de distancia y tiempo que cabe esperar de la modificación y el posible ahorro en dinero como resultado de la misma. La figura 14 muestra en forma de diagrama el método perfeccionado para el mencionado ejemplo.

Como se verá por el resumen, ha habido reducciones considerables en las actividades « no productivas ». Se redujo el número de « operaciones » de cuatro a tres mediante la eliminación de la limpieza innecesaria, y se suprimió también la inspección llevada a cabo inmediatamente después. Los transportes quedaron reducidos de 21 a 15 y las distancias del recorrido también se redujeron de 238,5 a 150 metros, economía de más del 37 por ciento en el recorrido de cada motor. Se omiten los tiempos invertidos en las diversas actividades para no

complicar el ejemplo, pero por el estudio de los dos diagramas del proceso se verá claramente que se ha logrado una economía muy importante en el tiempo de las operaciones de cada motor.

No mencionamos otros ejemplos de diagrama de análisis del proceso en este capítulo, porque esos diagramas se utilizarán, en combinación con otras técnicas, en capítulos siguientes.

[Faint, illegible text]

[Faint, illegible text]

[Faint, illegible text]

[Faint, illegible text]

Relaciones Hombre-Máquina

CUANDO SE HA ENCONTRADO POR medio del análisis de los diagramas de proceso de flujo y de operación, que una operación es necesaria, ésta puede, con frecuencia, mejorarse por medio de análisis posteriores. Los tres diagramas de proceso que se discuten en este capítulo pueden servir de instrumentos útiles en el desarrollo del método ideal. Así como los diagramas de proceso de operaciones y de flujo presentan hechos y se utilizan como instrumento del análisis, el diagrama del proceso hombre-máquina, el diagrama de proceso de grupo y el diagrama de proceso del operador, son instrumentos útiles para ayudar a proyectar el centro ideal de trabajo.

Diagrama de Proceso Hombre-Máquina

Mientras los diagramas de operación y de flujo se utilizan en primer término, para explorar un proceso completo o una serie de operaciones, el diagrama de proceso de hombre-máquina se emplea para estudiar, analizar y mejorar una sola estación de trabajo a la vez. Este diagrama muestra la relación exacta de tiempo, entre el ciclo de trabajo del hombre y el ciclo de operación de su máquina. Con estos elementos claramente presentados, se abre la oportunidad de utilizar mejor, tanto el tiempo del hombre como el de la máquina, y balancear mejor el ciclo de trabajo.

Actualmente muchas de nuestras máquinas-herramientas son, o completamente automáticas, como las máquinas automáticas para hacer tornillos, o parcialmente automáticas, como el torno revólver. Cuando el operario usa estos tipos de máquinas, a menudo pasa parte del ciclo ocioso. La utilización de este tiempo muerto podría aumentar la percepción del operario y mejorar la eficiencia de la producción.

El que un operario maneje más de una máquina, se conoce con el nombre de "acoplamiento de máquinas". El acoplamiento de máquinas no es cosa nueva. Durante la depresión de 1930, cierta planta fue incapaz de justificar la cantidad de incentivos que devengaba el segundo turno de trabajo, en uno de los departamentos de maquinado. Una investigación mostró que los operarios estaban practicando el acoplamiento de máquinas, por su propia iniciativa.

En la actualidad, algunas industrias han encontrado resistencia contra la práctica del acoplamiento de máquinas, de parte de las organizaciones de

trabajadores. La idea de "un operador para una máquina" es consecuencia natural del tiempo de la Segunda Guerra Mundial, cuando la escasez de maquinaria se agudizó. En aquel entonces, era esencial que cada máquina trabajase a su capacidad máxima, cada turno de cada día de la semana. Para lograrlo, la solución lógica era la de un operador por máquina.

El mejor camino para vender el acomplamiento de máquinas es el de demostrar que da oportunidad de lograr percepciones extras. Puesto que el acoplamiento de máquinas incrementa el porcentaje del tiempo de "trabajo" durante el ciclo de operación, proporciona también la oportunidad de reforzar las ganancias.

Elaboración del Diagrama de Proceso Hombre-Máquina

Al elaborar el diagrama de proceso hombre-máquina, el analista debe, ante todo, identificarlo por medio del título "Diagrama de Proceso Hombre-Máquina". A continuación debe incluirse la siguiente información: número de la parte, número del plano, descripción de la operación de la que se hace el diagrama, método presente o que se propone, fecha y nombre de la persona que hace el diagrama.

Como los diagramas hombre-máquina se dibujan siempre a escala, el analista debe, en segundo término, escoger una distancia en pulgadas, correspondientes a una unidad de tiempo, de manera que pueda desarrollar limpiamente el diagrama sobre el papel. Cuanto más larga sea la duración del ciclo de la operación que se diagrama, tanto menor debe ser la distancia por minuto decimal. Una vez establecidos valores exactos para la distancia en pulgadas, por unidad de tiempo, el analista puede comenzar el diagrama. A la izquierda del papel, se colocan las operaciones y tiempos del hombre, y a la derecha se levanta la gráfica del tiempo de trabajo y el tiempo muerto de la máquina o máquinas, según sea el caso. El tiempo de trabajo de parte del hombre se representa por una línea vertical continua. Cada ruptura en la línea vertical del hombre, significa tiempo muerto. Del mismo modo, una línea vertical continua, bajo el encabezado de cada máquina, indica el tiempo de trabajo de la misma, y cada ruptura representa, su tiempo muerto. El tiempo que se ocupa en cargar y descargar la máquina, se indica con una línea punteada, bajo la línea de la máquina, lo cual indica que, durante ese tiempo, la máquina no está ociosa, ni produciendo trabajo útil (Véase Figura 6-1).

De esta manera se elabora el diagrama, con todos los elementos por tiempo activo y por tiempo muerto, para ambos: el hombre y la máquina, hasta la terminación del ciclo. Al pie del diagrama aparece el tiempo total de trabajo del hombre, más su tiempo muerto. Del mismo modo, se muestra el tiempo total de trabajo y el tiempo muerto para cada máquina. El tiempo productivo del operario más el tiempo muerto del mismo debe ser igual al tiempo productivo más el tiempo muerto de cada máquina que opera.

Se notará que, los valores elementales de tiempo, deben ser exactos antes de que pueda elaborarse el diagrama de hombre-máquina. Estos valores elementales de tiempo deben representar tiempo estándar, los cuales

Véase el Capítulo 17.

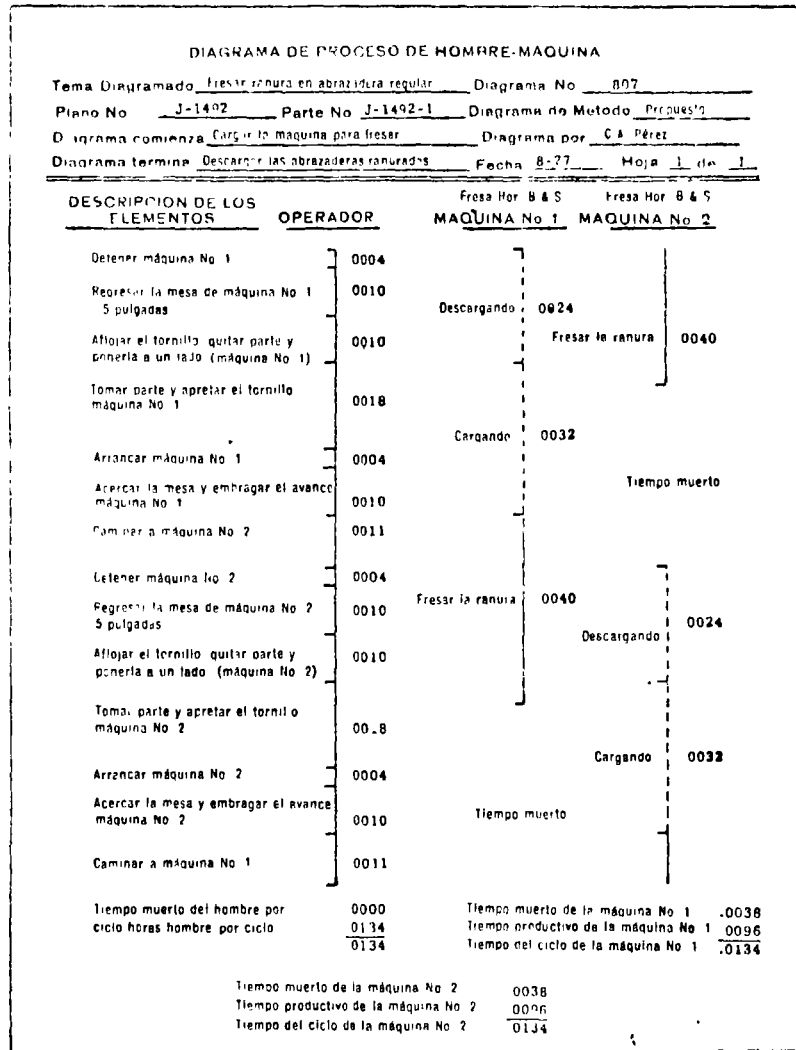


Fig 6-1 Diagrama de proceso hombre-maquina para operaciones de fresado

incluyen una tolerancia aceptable de fabricación, que tenga en cuenta la fatiga, los retrasos inevitables y las necesidades personales. Nunca deben utilizarse lecturas globales del método de observaciones directas para la construcción del diagrama.

La gráfica completa de proceso de hombre-máquina muestra claramente el tiempo muerto, tanto del hombre, como de la máquina. Estas áreas son generalmente, las apropiadas para comenzar las mejoras.

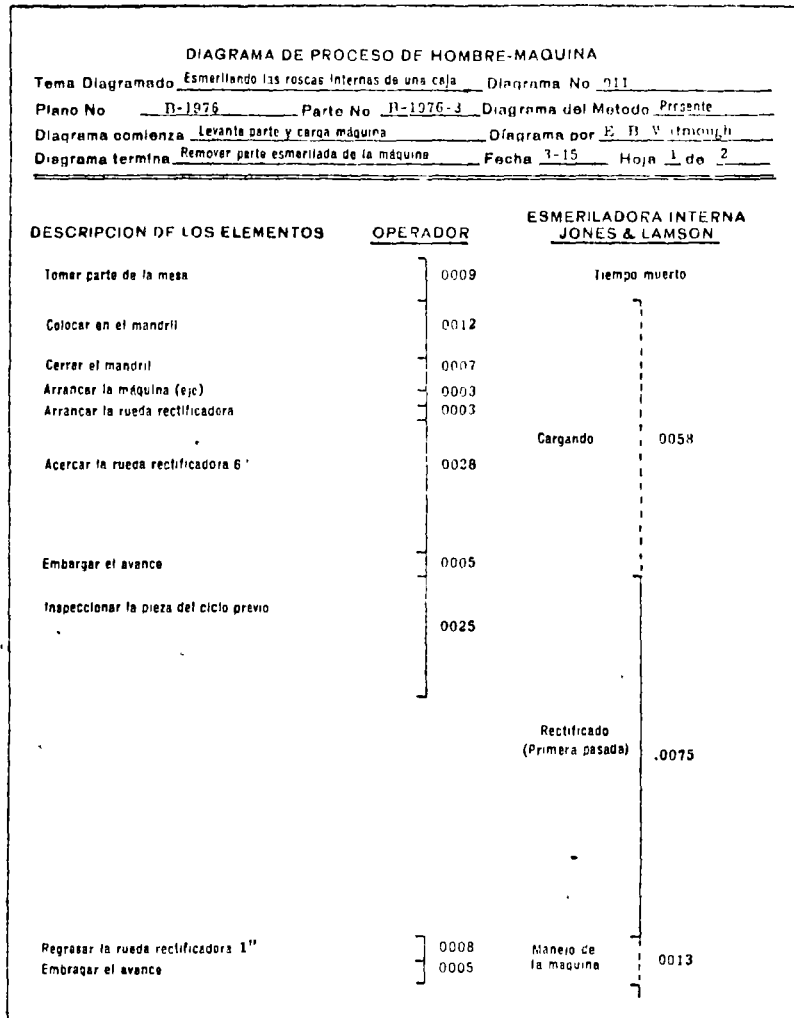


Fig 6-2 Diagrama de proceso de hombre maquina para la operacion de esmerilado de cuerda con un hombre manejando una maquina

El analista debe tener cuidado de no dejarse impresionar por lo que, aparentemente, represente un tiempo muerto considerable del hombre. En muchas ocasiones, resulta más económico tener ocioso a un hombre, durante una porción del ciclo, que el dejar ociosa, aunque sea por corto espacio de tiempo, a una máquina o un proceso de gran valor. Para saber si lo que él propone es lo mejor, el analista debe conocer el costo de la maquinaria ociosa así como también, el costo del tiempo muerto del hombre. Sólo considerando el costo total, se podrá recomendar, sin peligro, un método

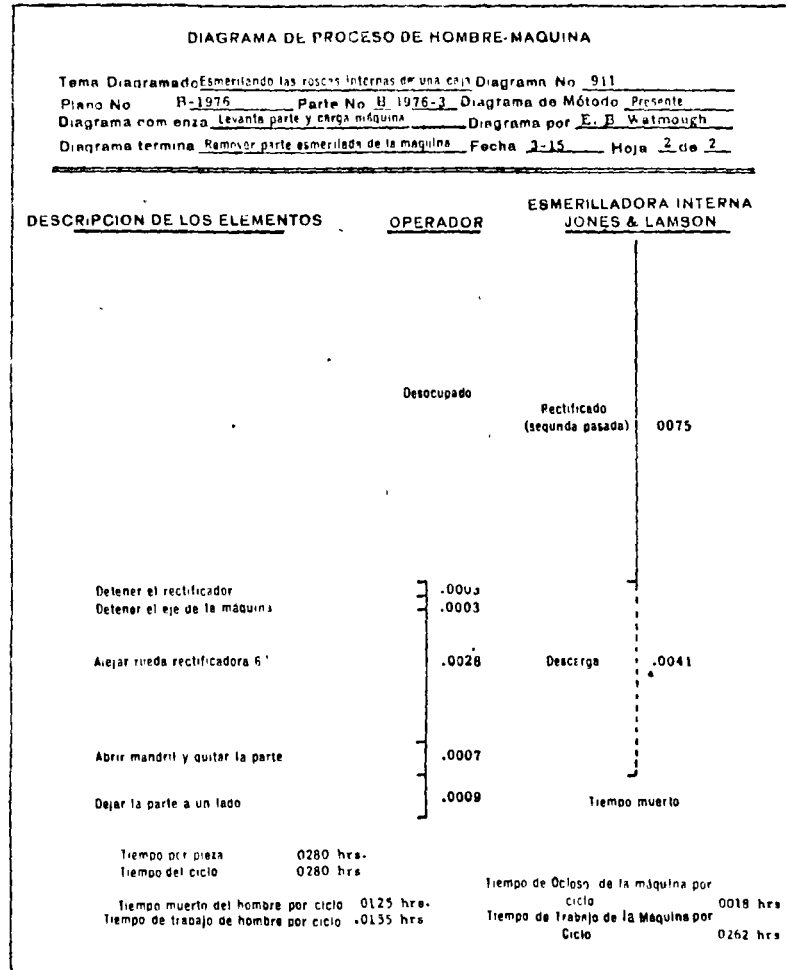


FIG. 6-2 (continuación)

sobre otro. La Figura 6-3 ilustra una gráfica de hombre-máquina que representa economías, respecto a la ilustrada en la Figura 6-2.

Utilización del Diagrama del Proceso Hombre-Máquina

El analista elaborará un diagrama del proceso hombre-máquina, cuando su investigación preliminar le haya demostrado que, el ciclo de trabajo del operador, es un poco más corto que el de la máquina. Una vez terminado el diagrama, el lugar lógico para pensar en posibilidad de mejoramiento, es durante el tiempo muerto del hombre. Al estudiar este tiempo, el analista debe investigar:

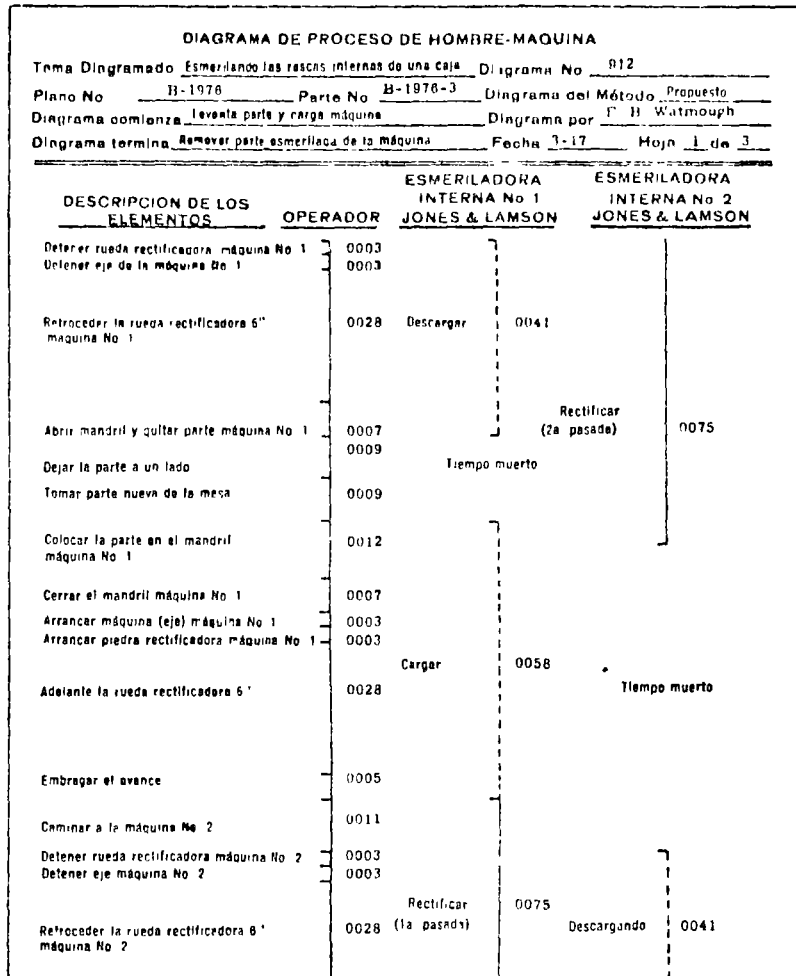


Fig 6-3 Diagrama de proceso nombre-máquina para la operación de esmerilado de cuerdas con un hombre manejando dos máquinas.

1. La posibilidad de operar otra máquina durante el tiempo muerto.
2. La posibilidad de hacer durante este tiempo muerto, otra clase de trabajo manual o de banco, como el limado de rebabas o el calibrado de la parte.

Algunas veces puede obtenerse más tiempo disponible para el operador, reduciendo la velocidad a la alimentación de la máquina. Esto último podría hacer posible el acoplamiento de máquinas en donde, de otra forma, no hubiera sido posible; de esta manera se reducirían los costos totales. Según

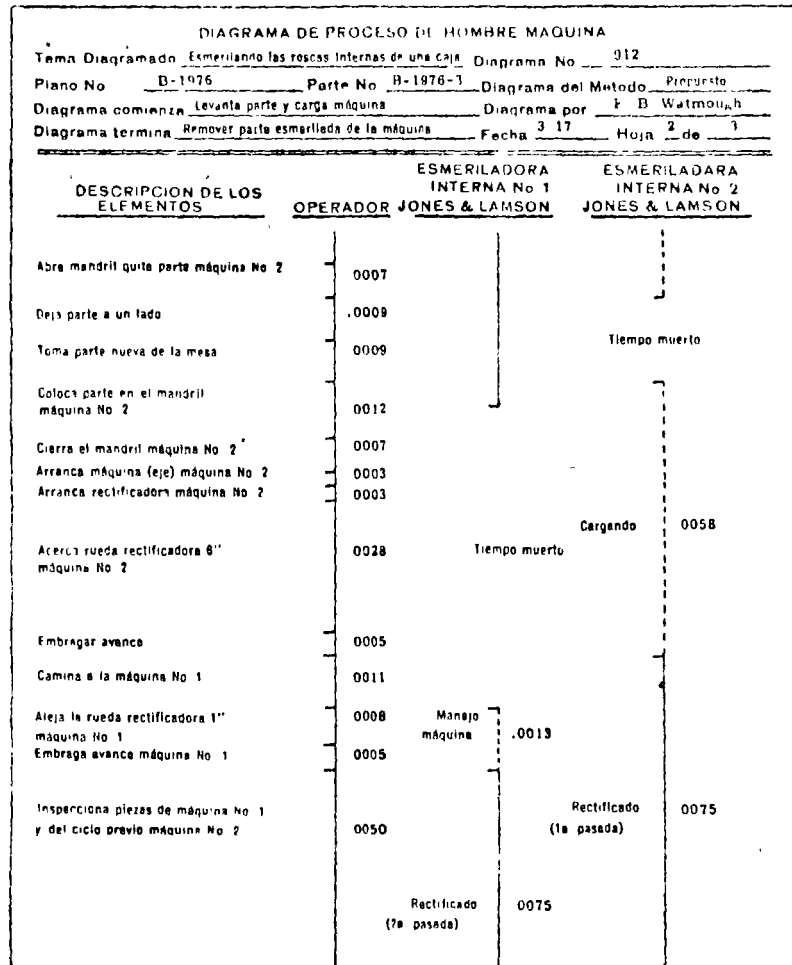


FIG. 6-3 (Continuación)

se dijo con anterioridad, no siempre es recomendable el acoplamiento de máquinas, ya que el tiempo muerto de las máquinas que se aumente, puede sobrepasar, en valor, al tiempo muerto de operario que se ahorre. El único camino seguro, para hacer el análisis, es a base del costo total.

Los diagramas del proceso hombre-máquina son muy efectivos para determinar el grado de acoplamiento de máquinas, justificable para asegurar "un día justo de trabajo, por un salario justo". Son también útiles, para determinar el modo como puede utilizarse el tiempo muerto de la maquinaria.

Diagrama de Proceso de Grupo

Los diagramas de proceso de grupo son, en cierto sentido, una adaptación del diagrama hombre-máquina. Una vez terminando el diagrama de

proceso hombre-máquina, el analista está en condiciones de determinar el número más económico de máquinas que debe operar un trabajador. Sin embargo, algunos procesos y máquinas son de tal magnitud, que no se trata de averiguar cuántas máquinas puede un hombre operar, sino cuántos hombres serán necesarios, para controlar, con eficiencia, una máquina. El diagrama de proceso de grupo muestra la relación exacta entre el ciclo muerto y el de operación de la máquina, así como, entre el ciclo muerto y el operacional de los hombres que la manejan. Esta gráfica es muy útil para tratar de reducir el tiempo muerto, tanto de los hombre, como de la máquina.

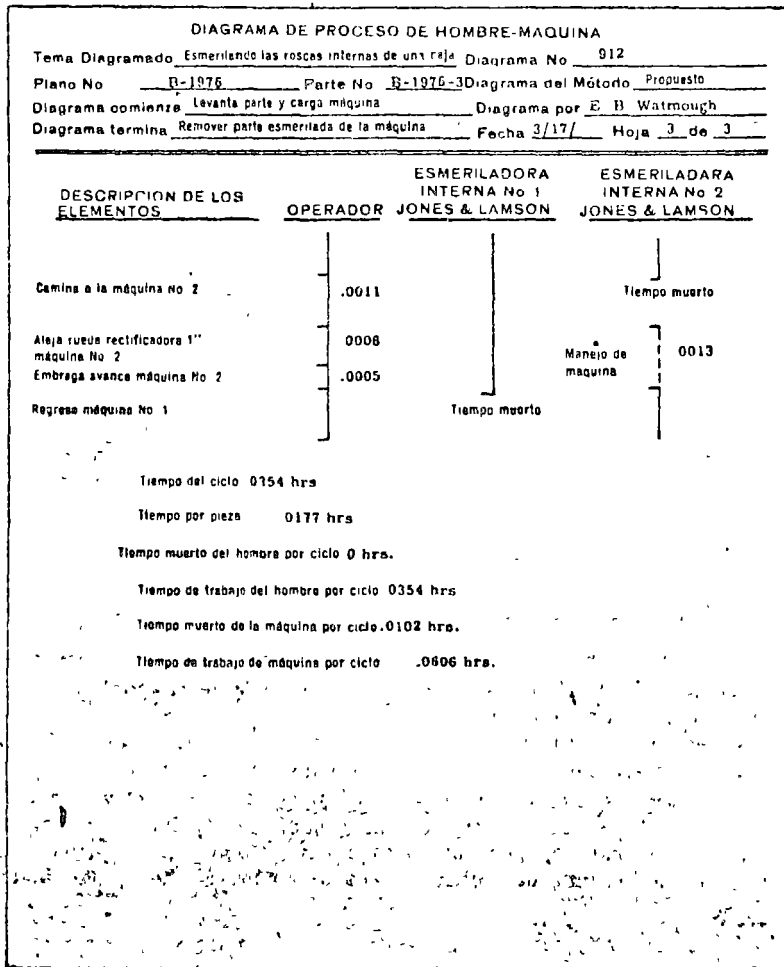


FIG. 6-3 (Continuación)

Elaboración del Diagrama de Proceso de Grupo

Después de haber puesto el título "Diagrama de Proceso de Grupo" y de haber identificado el proceso que se estudia por medio del número de la parte, número del plano, descripción de la operación que se diagrama, método presente o propuesto, fecha y nombre de la persona que elabora el diagrama, el analista debe seleccionar una escala de tiempo, para poder elaborar una gráfica limpia del estudio de que se trata. Como en el diagrama de proceso de hombre-máquina, también el diagrama de proceso de grupo debe trazarse a escala.

A la izquierda del papel, se ponen las operaciones llevadas a cabo por la máquina o el proceso. Inmediatamente a la derecha de la descripción de la operación, se representan gráficamente los tiempos empleados en cargar la máquina, operarla y el tiempo muerto. Más a la derecha, se ilustra el tiempo de operación y el tiempo muerto de cada uno de los operarios que se ocupan del proceso, representados por líneas de flujo dibujadas verticalmente. En relación con la máquina, una línea vertical continua representa el trabajo productivo que se ha ido haciendo, mientras que una línea punteada representa las operaciones de carga y descarga. Todo espacio vacío en la línea vertical representa tiempo muerto; su tamaño representa el espacio de tiempo transcurrido. En el caso de los operarios, la línea sólida vertical representa el trabajo que se ha ido efectuando, mientras que toda interrupción en la línea, significa que son intervalos de tiempo muerto. La Figura 6-4 ilustra un diagrama de proceso de grupo, en la que es evidente un gran número de horas de tiempo muerto de los hombres. La Figura 6-5 muestra un diagrama de proceso de grupo con una mejor carga del mismo proceso. El ahorro de 16 horas por turno se obtuvo fácilmente, gracias a la utilización del diagrama de proceso de grupo.

Uso del Diagrama de Proceso de Grupo

Generalmente, el analista elabora el diagrama de proceso de grupo, cuando sus investigaciones iniciales acerca de una determinada operación, le mostraron que, para la operación de determinada máquina, se emplean más hombres de los necesarios. Si el analista sospecha esto, encontrará que el diagrama de proceso de hombre-máquina, es una herramienta muy útil para determinar el número exacto de operarios requeridos, para manejar eficientemente una máquina o proceso. Una vez que el diagrama se ha levantado, pueden analizarse las horas muertas de los hombres y determinar la posibilidad de que un hombre haga el trabajo hecho, actualmente, por dos o más.

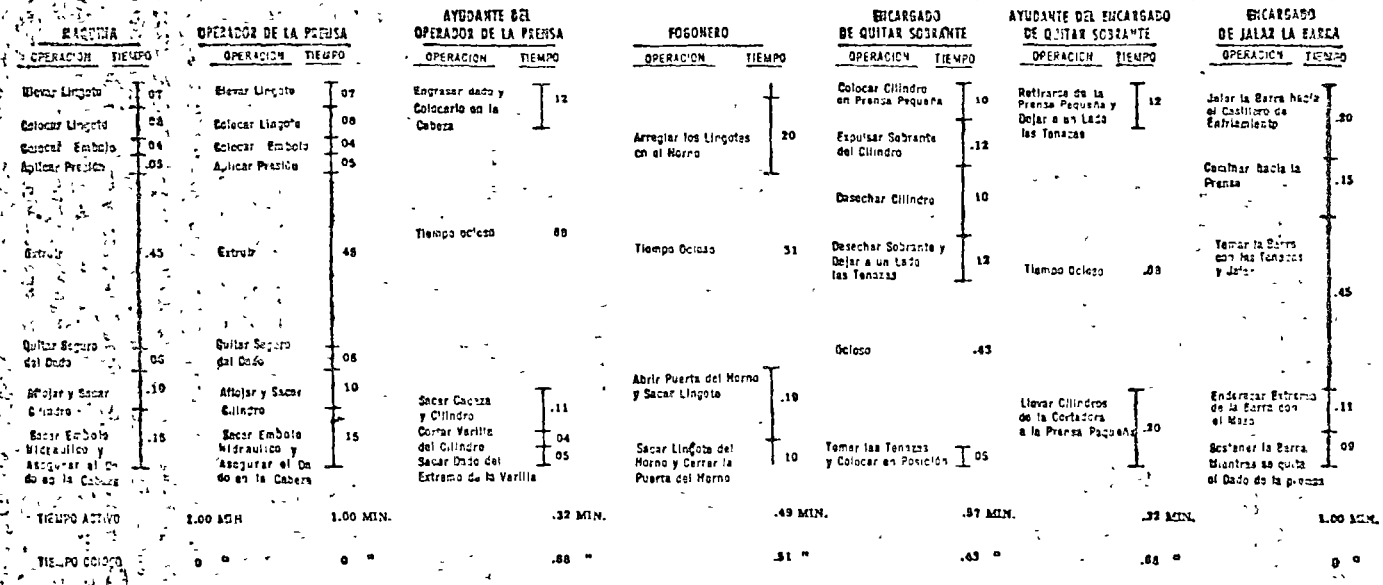
Por ejemplo, en el diagrama de proceso de grupo, que muestra la Figura 6-4, la compañía está empleando dos hombres más de los necesarios. Esto, queda demostrado al comprobarse que, bajo este proceso, existen 18.4 horas-hombre muertas, en cada turno de 8 horas.

Recolocando algunos de los controles del proceso, fue posible reasignar los elementos de trabajo de manera que, la misma prensa de extrusión pudiera ser manejada por cuatro hombres en lugar de seis.

La Figura 6-5 ilustra un proceso de grupo del método propuesto en el que, sólo se emplean cuatro hombres, obteniendo un ahorro de 16 horas hombre por turno. Sin el diagrama de proceso de grupo, tal solución hubiera sido bastante difícil.

DIAGRAMA DE PROCESO DE GRUPO METODO ACTUAL

PRESA DE EXTRUSION DEPTO. 11 BELLEFONTE P.A. PLANT
 GRAFICADO POR C A B 4-15 GRAFICA B-85



TIEMPO OCIOSO = 2 30 MINUTOS-HOMBRE POR CICLO • 18 4 HORAS HOMBRE POR DIA DE OCHO HORAS

FIG. 6-4

Del ejemplo dado en la Figura 6-4 y 6-5, se desprende cómo los diagramas de proceso de grupo ayudan a dividir el trabajo existente, entre los miembros del grupo que opera el equipo y determina, con claridad, la clase de trabajo que a cada uno corresponde. Por medio del levantamiento de los diagramas de proceso de grupo, el equipo trabajará a toda su capacidad, se reducirán los costos y se mejorará la moral de los trabajadores, gracias a una distribución más equitativa del trabajo.

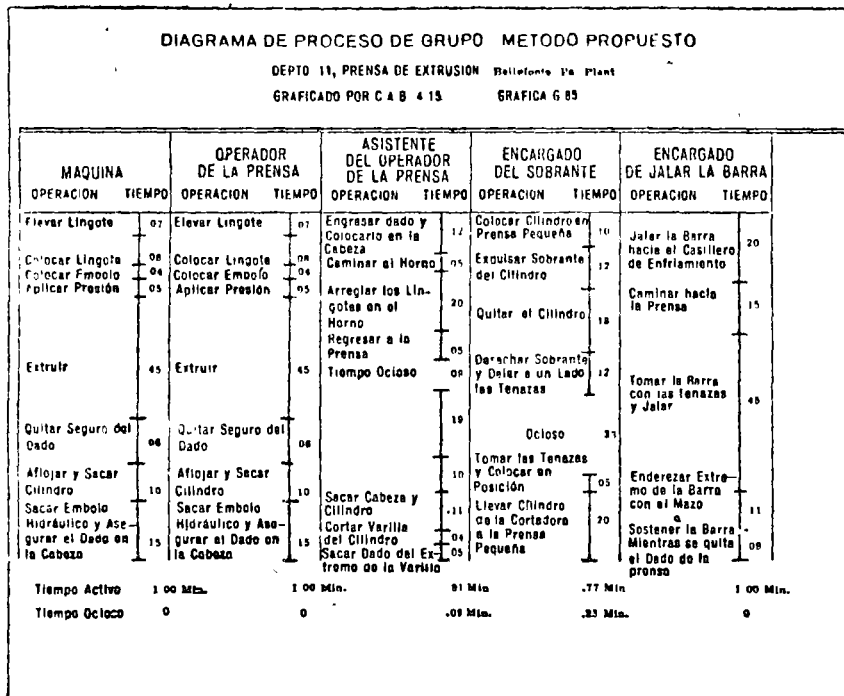


Fig. 6-5 Diagrama de proceso de grupo del método propuesto de la operación de un proceso de prensa de extrusión hidráulica.

DIAGRAMA BIMANUAL

Es un diagrama que registra el trabajo de las dos manos en ocasiones con relación a una escala de tiempos.

La escala de tiempos, en algunos casos, facilita la ubicación de los símbolos de las actividades que se realizan al mismo tiempo.

En estos diagramas se utilizan los mismos símbolos ya vistos en otros diagramas, si bien en la práctica, sólo se utilizan los correspondientes a "Operación", "Transporte" y "Demora".

El símbolo de "inspección" no se utiliza, pues los movimientos de las manos realizados para inspeccionar una pieza, cabe clasificarlos como "Operaciones", ya que rara vez es la mano la que inspecciona.

El símbolo de "Almacenamiento" no se utiliza por definición del mismo.

Al realizar un diagrama bimanual, se deberán tener presentes las siguientes recomendaciones:

La hoja de análisis debe llevar un croquis del lugar de trabajo. Además debe llevar un resumen de movimientos.

Al registrar se deben anotar los movimientos de una mano cada vez, pero teniendo presente que a cada actividad de una mano, debe corresponder una de la otra.

Se utilizan estos diagramas para mejorar el método de trabajos muy repetitivos de un operario en un sólo lugar de trabajo (centro de trabajo). Los diagramas deben registrar un ciclo completo de trabajo.

Las figuras que se proyectarán y el ejemplo a desarrollar, aclararán la forma de realizar estos diagramas. (PROBLEMA #21).

Presentación e Instalación del Método Propuesto

EN EL PROCEDIMIENTO SISTEMÁTICO de métodos y medición del trabajo, el paso siguiente al del proyecto, es el de vender el método propuesto. Esta etapa es tan importante como cualquiera de las otras, ya que un método que no se vende, tampoco será instalado.

El analista debe recordar que el hombre resistente, casi siempre, el que otros tratan de influenciarlo en su modo de pensar. Cuando alguien se nos acerca con una idea, nuestra primera reacción es la de defendernos contra ella. Sentimos que debemos proteger nuestra propia individualidad, preservar la santidad de nuestro ego, y todos somos lo suficientemente egoístas para pensar que nuestras ideas son mejores que las de los demás. Es natural que reaccionemos así, aún cuando la nueva idea resulte en nuestro favor. Si además, la idea tiene algún mérito, nos resentimos por no haberla pensado antes nosotros.

Algunas sugerencias usadas frecuentemente por analistas, que han logrado vender sus ideas, incluyen:

1. Introducir la idea en la mente de la otra persona, de manera que llegue a pensar que, hasta cierto punto, es su propia idea. Por ejemplo, puede empezarse por: "Usted me dió recientemente la idea de..."
2. No dé muestras de ansiedad por ver aceptadas sus ideas. Introduzca su modo de pensar con frases como: "¿Cree usted que esta idea tenga algunas posibilidades?", o bien, "¿Ha usted considerado que...?"
3. Presente objeciones contra su propia idea. Esto puede impulsar a la otra persona a defender la idea de usted.

La presentación del método propuesto debe hacer hincapié en los ahorros de material (tanto directos, como indirectos), ahorros en mano de obra directa e indirecta deben realzar el estudio presentado por el analista. La segunda parte más importante del reporte es la que estudia la amortización del capital invertido.

Una vez que se ha presentado convenientemente y vendido el método propuesto, puede procederse a la instalación. La instalación, como la venta, exige habilidad de vendedor. Durante la instalación, el analista inteligente deberá tratar continuamente, de vender su método a ingenieros y técnicos en

su propio nivel, convencer a ejecutivos y supervisores, no menos que a los operarios y a los representantes de la organización de los trabajadores. A lo único que el analista debe dedicarse durante la presentación y la instalación del método propuesto, es a "venderlo hacia arriba", "venderlo hacia abajo" y "venderlo hacia los lados".

El Reporte del Método Propuesto

Es importante que el analista presente su trabajo, tanto en forma oral como escrita. Aún cuando la compañía de que se trate no exija un reporte escrito, es siempre muy conveniente hacerlo, tanto para llevar un registro, como para aprovecharlo en futuras aplicaciones. Un reporte bien escrito es una etapa importante al vender el método propuesto.

Los elementos de todo reporte bien escrito son:

1. Página con el título.
2. Índice.
3. Carta de autorización.
4. Resumen.
5. Contenido.
6. Apéndice.

Desde el punto de vista de la presentación, el resumen es la parte más importante del reporte, ya que puede ser la única parte que lea el alto ejecutivo. El resumen se basa en el contenido del reporte y, sólo puede escribirse cuando aquél este perfectamente terminado. Sin embargo, debe presentarse en las primeras partes del reporte, de modo que aquellos que tienen que aprobar o rechazar la proposición, puedan tener, ante los ojos, los hechos principales que les permitan tomar una decisión.

El resumen debe comprender tres elementos: una breve explicación de la naturaleza del problema; conclusiones que recalquen los resultados del análisis y recomendaciones que apoyen el método propuesto; y que sumarién los ahorros que se esperan y la amortización del capital que tenga que invertirse.

Los elementos que forman el contenido comprenden una sección sobre la naturaleza del problema, seguido de detalles acerca de la recolección de los datos obtenidos y los métodos de análisis. En esta sección deben incluirse los diagramas de proceso de la operación y flujo, para presentar los hechos y los diagramas del proceso hombre-máquina, de grupo y del operador, que se utilizan para proyectar el centro de trabajo que se propone. Esta sección debe contener las razones que apoyen las conclusiones y recomendaciones dadas en el resumen.

Todo el reporte debe estar hecho con claridad, corrección, conciencia, competencia y exactitud, y debe presentarse de manera que pueda leerse y estudiarse fácilmente.

Reporte de la Recuperación de la Inversión de Capital

Las tres técnicas de apreciación más utilizadas para determinar la conveniencia de la inversión de capital, en el método propuesto, son:

1. Recuperación por ventas.
2. Recuperación en inversión.
3. Flujo de dinero en efectivo

El método de recuperación por ventas incluye el cálculo del porcentaje de la ganancia media anual, que se obtendría aplicando el método propuesto, con las ventas medias anuales, o el incremento de valor añadido al producto, basado en una estimación pesimista de la vida del mismo. Aún cuando este método de una idea de lo efectivo del nuevo método y los esfuerzos de ventas que de él se derivarán, con todo, no considera la inversión original requerida, para poder iniciar el método propuesto.

El método de recuperación por inversión de la diferencia de la ganancia anual, que se lograría con el uso del método, basado en estimación pesimista de la posible vida del producto, comparada con la inversión original. Entre dos métodos que produzcan el mismo volumen de ventas y las mismas ganancias, la gerencia escogerá, sin género de duda, el que represente menor inversión de capital.

El método del flujo de capital en efectivo, calcula el cociente, entre el valor actual del flujo en efectivo, basado en el porcentaje de recuperación deseado, con la inversión original. Este método introduce el cociente del flujo del capital en y a través, de la compañía y el valor de la moneda en el tiempo. Para calcular este valor del dinero en el tiempo, tenemos la relación:

$$S = P(1 + i)^n$$

en donde:

- i = Tasa de interés por un período dado.
- n = Número de períodos de interés.
- P = Valor actual del capital principal.
- S = Valor de la suma de n períodos más tarde.

La base del cálculo en el método del flujo de dinero en efectivo, es una supuesta tasa de recuperación (i). Enseguida, se calculan los flujos de capital debidos a la inversión inicial por el nuevo método y se ajustan al valor actual, según la tasa de recuperación que se haya calculado (i). Se suma luego, el total estimado del flujo de capital, para un cálculo pesimista sobre la vida del producto y esto dará, la ganancia o la pérdida, en términos de dinero en efectivo disponible actual. Este total se compara, enseguida, con la inversión inicial.

Un ejemplo ilustrativo ayudará a aclarar el uso de estos tres métodos de apreciación, en el pronóstico del potencial de un método propuesto.

Inversión por el método propuesto: \$10,000
 Ganancia que se desea en la inversión: 10%
 Valor de salvamento de plantillas, dispositivos y herramientas:
 \$500
 Tiempo de vida estimada del producto en el que se usará el método
 propuesto: 10 años.

Fin del Año	Incremento en ventas debido al Método Propuesto	Costo de Producción con el Método Propuesto	Utilidad Bruta debido al Método Propuesto
1	\$ 5,000	\$ 2,000	\$ 3,000
2	6,000	2,200	3,800
3	7,000	2,400	4,600
4	8,000	2,600	5,400
5	7,000	2,400	4,600
6	6,000	2,200	3,800
7	5,000	2,000	3,000
8	4,000	1,800	2,200
9	3,000	1,600	1,400
10	2,000	1,500	500
Totales	\$53,000	\$20,700	\$32,300
Promedio	\$ 5,300	\$ 2,070	\$ 3,230

Recuperación sobre ventas = $\frac{3,230}{5,300} = 61\%$ Recuperación de la Inversión = $\frac{3,230}{10,000} = 32.3\%$

Valor actual del flujo de dinero en efectivo:

(3000)(.9091) = \$2,730	(3800)(.5645) = 2,140
(3800)(.8264) = 3,140	(3000)(.5132) = 1,540
(4600)(.7513) = 3,460	(2200)(.4665) = 1,025
(5400)(.6830) = 3,690	(1400)(.4241) = 595
(4600)(.6209) = 2,860	(500)(.3855) = 193
	<u>\$21,373</u>

Valor de salvamento del herramental:

$$(500)(.3855) = \$193$$

El valor actual de la ganancia bruta que se espera y del valor de salvamento del herramental es: \$21,566. El cociente del valor presente, con la inversión original:

$$\frac{21,566}{10,000} = 2.16$$

El nuevo método ha pasado satisfactoriamente el examen, por medio de los tres métodos de apreciación. Sesenta y uno por ciento de ganancia en ventas y 32,3 por ciento de ganancia por el capital invertido, son ciertamente ganancias muy atractivas. El análisis del flujo de dinero en efectivo, revela que se recuperará la inversión inicial de \$ 10,000 en cuatro años, ganando el diez por ciento y que, durante los 10 años que se espera se venda el producto, se ganarán \$ 11,566 sobre la inversión original.

El analista debe tener en cuenta que la demanda estimada para el producto, durante diez años, puede desviarse considerablemente de la realidad. Aquí se introduce el elemento suerte y en tal caso, cuanto mayor sea el período de recuperación, tanto menores serán las probabilidades de éxito.

Presentación Oral

Sucede con frecuencia, que se pide al analista que presente oralmente su método. El analista debe prepararse para presentar los beneficios y las ventajas con exactitud y con fuerza, para asegurar su aprobación. Tiene que estar preparado para dar las estimaciones de aumento de productividad y/o la reducción en el costo. Debe, además, informar si la calidad del producto o el servicio al cliente, van a mejorarse.

Es muy importante que el analista planee anticipadamente su presentación y que tenga todos los datos concernientes a las ventajas del método propuesto, así como que esté bien informado, sobre los costos y sobre los hechos que determinarán los ahorros y la recuperación del capital. Es buena idea la de hacer, con anticipación, una lista de las cosas que puede pedir el propio superior, y luego estar listo para proporcionar esta información.

El analista debe estar preparado para responder a las objeciones que se presenten contra el método propuesto. Casi siempre, el centro de las mismas gira alrededor de la inversión inicial, tiempo para adoptar el método y los inconvenientes que se presentan durante su instalación. El analista debe explicar que, todo ésto, se ha tenido muy en consideración y que están listos los planes para resolver la situación.

Mucho es el estudio que requiere la presentación oral del método propuesto, mucha preparación y habilidad de vendedor. Un buen método no se venderá a sí mismo; tendrá que ser vendido.

Instalación

La etapa siguiente a la aprobación de un método, es la de su instalación. Con demasiada frecuencia, el analista no está tan cerca, como debería, durante la instalación, sino que tiende a pensar, que la tal instalación, se hará automáticamente según sus planes. Esto no es lo que suele suceder. El encargado del mantenimiento, el mecánico o el operario, harán pequeños cambios o modificaciones por propia iniciativa, sin prestar atención a las consecuencias, lo cual significará que el método propuesto no dará los resultados que se calcularon.

El analista debe, pues, permanecer en el trabajo durante todo el tiempo de la instalación y asegurarse de que todos los detalles se toman en cuenta y se ejecutan según el plan propuesto. Durante la instalación, debe asegurarse de que el centro de trabajo este equipado con las instalaciones propuestas, de que se hayan proporcionado las condiciones de trabajo planeadas, que el instrumental estén de acuerdo con el que se ha recomendado y de que el programa de trabajo progrese satisfactoriamente.

Durante la instalación, el analista tendrá la oportunidad de vender su plan al operador, capataz, preparador (set up man), etc. Así, al terminarse la instalación, todos ellos estarán listos para ensayar con entusiasmo el nuevo método.

Una vez instalado el nuevo centro de trabajo, el analista debe checarlo, para convencerse de que todos los aspectos se confrontan con las especificaciones establecidas. En particular, debe verificar si las distancias a que el operador debe ejecutar los "Alcanzar" y "Mover", son correctas; que las herramientas han sido afiladas; que los mecanismos funcionan confiablemente; que se han eliminado la inflexibilidad y la pereza; que los dispositivos de seguridad son funcionales; que estarán listos los materiales en las cantidades planeadas; que las condiciones de trabajo, asociadas con el centro de trabajo, son tal como se pensaron; y que todas las partes involucradas, han sido bien informadas sobre el nuevo método.

Cuando el analista esté seguro de que cada aspecto del método está listo para proceder a la operación, tiene que pedir al capataz que designe al operario que va a trabajar con el método. El analista debe permanecer con el operario, hasta que aquél rompa la dificultad respecto al nuevo método. Este período puede durar minutos o puede durar varias horas o aún días, dependiendo de la complejidad del trabajo.

Una vez que el operador comienza a sentirse seguro con el método y hace su trabajo sistemáticamente, el analista podrá dedicarse a otro trabajo, aún cuando no debe pensar que la fase de instalación está completa, sino que ha de regresar varias veces a confrontar, durante los primeros días, que el método propuesto, trabaja según los planes.

PREGUNTAS SOBRE EL TEXTO

1. ¿Cuáles son algunas de las habilidades que hay que tener para comunicar nuestros planes, respecto a la venta del nuevo método?
2. ¿Cuáles son los elementos principales de un reporte bien escrito?
3. ¿Qué se entiende por Técnica de Flujo de dinero en efectivo?
4. ¿Qué capital puede invertirse en un método nuevo, si se piensa que se ahorrarán \$ 5,000 el primer año, \$ 10,000 el segundo y \$ 3,000 el tercer año? La gerencia espera, al menos una recuperación del 30% sobre el capital invertido.

ESTUDIO DE TIEMPOS Y CRONOMETRAJE

Es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible y partiendo de un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea con arreglo a una norma de rendimiento preestablecida.

Existen principalmente dos tipos de cronómetros: El ordinario con escala de segundos y el cronómetro centesimal en el cuál un minuto se divide en 100 partes. Este último es más cómodo para realizar los cálculos.

Antes de realizar un cronometraje, es preciso comprobar que el método sea acertado. Tampoco hay que olvidar que todo tiempo deberá referirse exclusivamente a un método especificado.

Las etapas para realizar un cronometraje son:

- 1.- Obtener y registrar toda la información posible acerca de la tarea, del operario y de las condiciones existentes que pueden influir en la ejecución del trabajo.
- 2.- Describir el método y descomponer el elementos.
- 3.- Medir el tiempo, mediante un cronómetro, que el operario invierte en llevar a cabo los elementos de la tarea durante un número de ciclos representativo.
- 4.- Determinar al propio tiempo la velocidad de trabajo efectivo del operario con relación a la velocidad "normal" preestablecida.
- 5.- Convertir tiempos observados en "tiempos valorados".
- 6.- Determinar los "suplementos" de tiempo en exceso del tiempo valorado de la operación.
- 7.- Determinar el "tiempo Estandar" para la operación.-

En trabajos de ciclo breve que se repiten mucho, como los efectuados en banda transportadora (montajes ligeros, empaquetar galletas, clasificar baldosas), puede ser mucho más difícil observar los cambios de método, ya que posiblemente consisten en modificaciones de los movimientos de los brazos y manos del operario (« pautas de movimiento ») difícilmente perceptibles a simple vista y que requieren el empleo de aparatos de análisis especiales.

En casi todos los grandes talleres que realizan trabajos de esta clase hay uno o dos operarios que poseen una coordinación natural extraordinaria de sus miembros y son capaces de ejecutar con ambas manos movimientos simultáneos que la mayoría tiene que efectuar sucesivamente. Si la operación ha sido cronometrada con uno de tales operarios posiblemente será difícil que el obrero medio logre la producción tipo en el tiempo asignado, incluso empleando la « valoración » (véase el capítulo 16). Ésta es otra razón que aconseja realizar los estudios de tiempos con operarios de habilidad media, siempre que sea posible. Los capataces e inspectores conocen bien la capacidad de los obreros de su fábrica o taller, y el especialista en estudio del trabajo deberá consultarlos siempre que tenga alguna duda.

Hemos subrayado repetidamente en este libro la necesidad de efectuar un estudio de métodos adecuado antes de emprender el estudio para fijar los tiempos tipo, pero en ocasiones puede ser necesario fijarlos sin haber realizado previamente un estudio de métodos completo. Esto puede ocurrir sobre todo en tareas cortas que sólo se ejecutan en el taller unas pocas veces al año.

En tales casos, el especialista en estudio del trabajo deberá hacer un registro cuidadoso del método empleado para ejecutar la tarea, después de subsanar las deficiencias evidentes, como colocar recipientes para el material acabado en el lugar más conveniente o comprobar la velocidad de las máquinas. Este registro tiene particular importancia porque será el único, y es sabido que las desviaciones del método ocurren sobre todo cuando los operarios no han recibido instrucciones concretas sobre un método determinado.

5. DESCOMPONER LA TAREA : REGISTRAR LOS ELEMENTOS

Después de registrar todos los datos sobre la operación y el operario necesarios para su debida identificación en el futuro y de comprobar que el método que se utiliza es adecuado o el mejor en las circunstancias existentes, el especialista en estudio del trabajo deberá descomponer la tarea en **elementos**.

Elemento es una parte esencial y definida de una actividad o tarea determinada compuesta de uno o más movimientos fundamentales del operario y de los movimientos de una máquina o las fases de un proceso seleccionados para fines de observación y cronometraje.

Ciclo de trabajo es la sucesión completa de los elementos necesarios para llevar a cabo una actividad o tarea determinada o para obtener una unidad de producción. Puede incluir elementos que no se repiten en cada ciclo.

El ciclo de trabajo se inicia al comienzo del primer elemento de la operación o actividad y continúa hasta el mismo punto en una repetición de la operación o de la actividad; se inicia entonces el segundo ciclo, y así sucesivamente. Esto queda expuesto en el ejemplo completo de estudio de tiempos que se menciona en el capítulo 17.

Es necesario descomponer detalladamente los elementos a fin de:

- asegurar la separación del trabajo productivo (o tiempo productivo) de las actividades improductivas (o tiempo improductivo);
- evaluar el rendimiento con más exactitud de la que es posible valorando un ciclo completo. El operario puede no trabajar al mismo ritmo durante todo el ciclo, y puede tender a ejecutar algunas operaciones con mayor rapidez que otras;
- aislar los elementos causantes de un alto grado de fatiga y fijar con mayor exactitud los suplementos de descanso;
- comprobar los tiempos tipo para que pueda observarse en seguida la omisión o introducción posterior de otros elementos;
- hacer una especificación detallada del trabajo (véase el capítulo 18);
- fijar los tiempos tipo de elementos que se repiten con frecuencia, como el manejo de los mandos de una máquina, la colocación o la retirada de piezas de los dispositivos de fijación, etc. (véase la sección 3 del capítulo 19).

Los elementos pueden ser de repetición, constantes, variables, contingentes y extraños.

- ⊙ **Elementos de repetición** son los que se reiteran en cada ciclo o en una actividad o tarea determinada.
- ⊙ **Elementos constantes** son los que, siendo idénticos en su especificación y tiempo, se suceden en varias operaciones (por ejemplo, levantar el mandril del taladro a una altura determinada).
- ⊙ **Elementos variables** son aquellos cuyo tiempo de ejecución cambia, como ciertas características del producto, equipo o proceso (por ejemplo, las dimensiones o peso de un objeto que va a ser trasladado).
- ⊙ **Elementos contingentes** son los que no ocurren en cada ciclo de la tarea, sino a intervalos regulares o irregulares.
- ⊙ **Elementos extraños** son los observados en el curso de un estudio que no son parte necesaria de la operación o actividad estudiada.

Más adelante indicaremos ejemplos de estas diversas clases de elementos conforme se vayan presentando.

6. LA SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS

Hay algunas reglas generales para separar los elementos de una operación. Dichas reglas son las siguientes :

- Los elementos deberán ser de identificación fácil y de comienzo y fin claramente definidos, de modo que una vez fijados puedan ser reconocidos una y otra vez. El comienzo o fin puede reconocerse por medio de un sonido (por ejemplo, al pararse una máquina, soltar el cierre de una plantilla, depositar una herramienta), o por el cambio de dirección del brazo o de la mano; se denominan « puntos de separación » y deberán describirse cuidadosamente en la hoja de observaciones.
- Los elementos deberán ser todo lo breves que sea posible, con tal que un analista experto pueda cronometrarlos adecuadamente. Hay diversidad de opiniones sobre la unidad mínima que un cronómetro puede registrar en la práctica; suele fijarse en 0,04 de minuto (2,4 segundos) ¹. Para observadores menos expertos puede ser de 0,07 a 0,10 de minuto. Siempre que sea posible, los elementos muy cortos deben figurar al lado de otros más largos para facilitar la exactitud de su lectura y registro. Normalmente, los elementos no excederán de 0,33 de minuto (20 segundos).
- Los elementos deberán ser tan unificados como sea posible. Cada elemento consiste generalmente en un grupo de movimientos fundamentales como « alcanzar », « coger » o « llevar » un objeto. Es importante que el grupo de cualquier elemento esté completo y no que algunos movimientos tengan un fin determinado y otros un objeto enteramente distinto. Esto se debe a que el operario suele seguir una pauta y no ejecuta una serie de actos independientes ; por eso deben cronometrarse en grupo.
- Los tiempos de trabajo manual deben separarse de los del trabajo de máquina. Pueden calcularse éstos, con los avances automáticos o velocidades fijas, para comprobarlos con los datos del cronómetro. El tiempo del trabajo manual suele depender enteramente del operario. Esta separación tiene particular importancia cuando se trata de tiempos tipo.
- Los elementos constantes deben separarse de los variables.

¹ El profesor Barnes la estima en « 0,03 o 0,04 de minuto ». Véase Ralph M. BARNES, *op. cit.*, pág. 350.

Numero de Ciclos a Observar

Uno de los temas que ha causado prolongadas discusiones entre los analistas de tiempos, es el del número de ciclos que hay que estudiar para llegar a un estándar equitativo. No puede uno apoyarse, por completo, en la práctica estadística, que pide una muestra de cierto tamaño, basada en la dispersión de las lecturas de los elementos individuales, ya que, tanto la actividad del trabajo, como el tiempo del ciclo, tienen influencia directa, desde el punto de vista económico, sobre el número de ciclos que pueden estudiarse.

La Compañía General Electric ha establecido, la siguiente tabla, como guía para determinar el número de ciclos que deben observarse:

Tiempo del Ciclo en Minutos	Número Recomendado de Ciclos
10	200
25	100
50	60
75	40
1 (0)	30
2 (0)	20
4 (0) - 5 (0)	15
5 (0) - 10 (0)	10
10 (0) - 20 (0)	8
20 (0) - 40 (0)	5
MÁS DE 40 (0)-	3

Fuente: Información tomada del Manual de Estudio de tiempos de los Trabajos Erie de la General Electric Company, desfilado bajo la dirección de Albert E. Shaw, Gerente de la Administración de Salarios.

La Westinghouse Electric Corporation tomó en consideración la actividad, así como el tiempo del ciclo, y desarrolló los valores que aparecen, en la tabla adjunta, como guía para sus analistas de tiempos.

La media de la muestra de las observaciones debe ser razonablemente igual a la media de la población. De este modo, el analista debe tomar suficientes lecturas, para que al registrar sus valores, se obtenga una distribución de los mismo, con una dispersión característica de la dispersión de la población.

Algunas instrucciones³, en sus programas de entrenamiento para analistas de tiempos, hacen que para obtener una distribución de frecuencia, sus observadores tomen lecturas y grafiquen sus valores. Aún cuando no haya seguridad de que la población de tiempos elementales esté normalmente distribuida, la experiencia ha demostrado que, las variantes de la actuación de un operario, se aproxima a la curva normal, en forma de campana. (véase Figura 14-6).

El número de ciclos que haya que estudiarse, puede determinarse matemáticamente y, temperado por el buen juicio, dará una muy buena guía, al analista, al determinar la duración de las observaciones.

Los métodos estadísticos pueden utilizarse como una ayuda para determinar el número de ciclos a estudiar. ~~Como se ve en la Figura 14-6, la distribución de~~

³ Por ejemplo, la Compañía Kurt Salmon

Capítulo 16

ESTUDIO DE TIEMPOS : VALORACIÓN

Al comienzo del capítulo anterior dividimos el estudio de tiempos en siete etapas o fases y examinamos las tres primeras; vamos a examinar ahora la cuarta etapa: « Determinar... la velocidad de trabajo efectiva del operario con relación a la velocidad « normal » preestablecida. »

La forma como abordamos el problema de la valoración se basa en la experiencia recogida por las misiones de productividad de la O.I.T. en materia de enseñanza, y parece ser la más apropiada habida cuenta de las condiciones prevalecientes en la mayoría de los países a que se destina principalmente este libro.

La valoración y los suplementos son los dos temas más debatidos del estudio de tiempos. La mayor parte de tales estudios en la industria tienen por objeto determinar los tiempos tipo para fijar el contenido de trabajo de las tareas y servir de base para establecer sistemas de primas. Los

procedimientos empleados ejercen un influjo directo sobre los ingresos de los trabajadores, sobre la productividad y posiblemente también sobre los beneficios de la empresa. El estudio de tiempos no es una ciencia exacta, aunque durante los últimos años se haya realizado una gran labor de investigación, particularmente en Estados Unidos, para tratar de darle una base científica. Sin embargo, la valoración (evaluar el rendimiento del operario) y los suplementos de tiempo que es preciso asignar para que el obrero se reponga de su fatiga y también para otros fines siguen siendo en gran parte materia opinable y por lo tanto objeto de negociación entre la empresa y los trabajadores, y es probable que sigan conservando ese carácter durante bastante tiempo.

Se han ideado varios métodos para evaluar el rendimiento del operario y cada uno de ellos tiene sus ventajas e inconvenientes. Los procedimientos que se exponen en el presente capítulo reflejan una práctica sólidamente establecida en Estados Unidos, en Gran Bretaña y en otros países de Europa. Bien aplicados, serán aceptables tanto para la dirección como para los trabajadores, particularmente cuando se utilicen para determinar normas tipo para series medias de producción, que es la modalidad que más se practica en todo el mundo, con excepción de Estados Unidos y algunas empresas especializadas de otros países. Indudablemente proporcionarán al lector un sistema básico susceptible de ser perfeccionado o modificado posteriormente por nuevos estudios.

1. EL TRABAJADOR REPRESENTATIVO O TRABAJADOR MEDIO

Hemos dicho en más de una ocasión que siempre que sea posible los estudios de tiempos deben efectuarse con trabajadores que representen la velocidad y pericia «medias» del taller o departamento, y no con operarios muy rápidos o muy lentos. Ahora bien, ¿qué es un «trabajador representativo»?

El trabajador representativo o trabajador medio en una clase de trabajo determinada es el que posee la inteligencia y facultades físicas necesarias, y la formación y experiencia suficientes, para ejecutarla con arreglo a normas de calidad aceptables, y cuya habilidad y rendimiento son el promedio dentro del grupo examinado.

Por supuesto, ese concepto no es más que una abstracción, ya que no existe un trabajador que represente el término medio absoluto, del mismo modo que no existe la « familia media » o el « hombre medio » : estos conceptos son invenciones de los estadígrafos. Todos tenemos una personalidad individual y no hay dos individuos enteramente idénticos. Sin embargo, las variaciones en características mensurables, como la altura o el peso, se producen con arreglo a una pauta

entre gentes de un mismo país o región, por ejemplo, y la representación gráfica de esas variaciones se denomina « curva de distribución normal ».

Examinemos una de dichas características, la estatura.

En muchos países de Europa occidental, la estatura media del hombre es de 1,72 metros, y muchos de los varones entre una gran muchedumbre medirán entre 1,69 y 1,75 metros. El número de hombres de estatura mayor o menor que la citada se reducirá conforme la estatura se aproxima a esos límites del promedio máximo o mínimo.

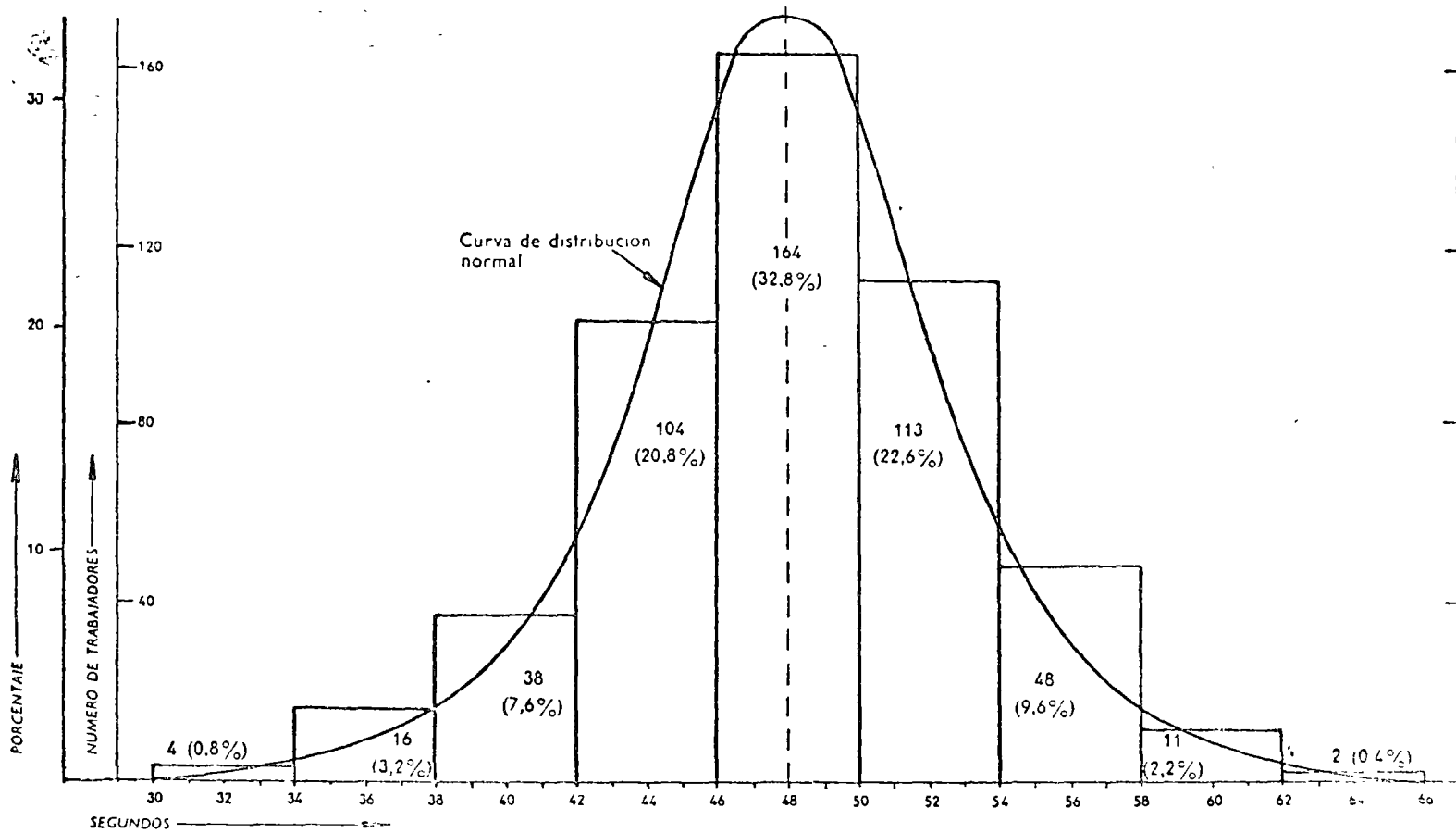
Ocurre exactamente lo mismo con la actuación de los operarios, como puede apreciarse claramente en un diagrama (figura 57). Si 500 obreros de una fábrica ejecutan la misma operación, utilizando los mismos métodos y bajo las mismas condiciones, y toda la operación puede ser controlada por el operario, los tiempos invertidos para llevarla a cabo se distribuirán del modo que se expone en la figura. Para simplificar ésta, se dividen los tiempos en grupos a intervalos de cuatro segundos, como sigue .

CUADRO 9. — EJEMPLO DE REPARTICIÓN DE TIEMPOS DE TRABAJO

Grupo de tiempo (segundos)	Número de operarios (de un total de 500)	Porcentaje	
30-34	4	0,8	} 32,4
34-38	16	3,2	
38-42	38	7,6	
42-46	104	20,8	} 32,8
46-50	164	32,8	
50-54	113	22,6	} 34,8
54-58	48	9,6	
58-62	11	2,2	
62-66	2	0,4	
	500	100,0	100,0

Como puede verse por el examen de los tiempos, el 32,4 por ciento de los mismos son inferiores a 46 segundos y el 31,8 por ciento son superiores a 50 segundos. El grupo mayor (32,8 por ciento) está comprendido entre 46 y 50 segundos. Estaría justificado decir que para este grupo de 500 trabajadores el tiempo medio para llevar a cabo la operación osciló entre 46 y 50 segundos, es decir, fué de 48. Podemos decir que 48 segundos es el tiempo invertido por el trabajador representativo o « medio » en llevar a cabo la tarea en dichas condiciones. Sin embargo, puede no ser lo mismo en otras fabricas; las industrias bien administradas, donde las condiciones de trabajo y los salarios son buenos, consiguen atraer y retener a los obreros mejores y por eso el tiempo medio de sus operarios tal vez sea inferior, digamos 44 segundos, mientras que el de los operarios menos expertos de fábricas peor administradas será mayor, tal vez 52 segundos.

FIGURA 57. — DISTRIBUCIÓN DE LOS TIEMPOS INVERTIDOS POR LOS TRABAJADORES PARA EJECUTAR DETERMINADA TAREA



Si se traza una curva siguiendo esa distribución se verá que toma la forma de la curva de la figura 57, denominada « curva de distribución normal ». En general, cuanto mayor sea la muestra del análisis mayor será la tendencia a la uniformidad de los valores máximos, pero esto cambiará en presencia de condiciones especiales.

2. RITMO NORMAL

Dijimos en la sección 3 del capítulo 13 que la medida del trabajo (y por consiguiente el estudio de tiempos) se utiliza principalmente para fijar tiempos tipo en las diversas tareas de la empresa y que también puede emplearse con diversos fines, tales como preparar programas, proceder a evaluaciones o establecer sistemas de primas¹.

Para que esos tiempos tipo tengan algún valor es evidente que deben estar al alcance de la mayoría de los trabajadores de una empresa. Sería inútil fijar niveles tan elevados que sólo los mejores puedan alcanzar, y no se lograrían nunca los programas o estimaciones basados en ellos. Del mismo modo, no fomentaría la eficiencia fijar niveles tan bajos que puedan ser logrados holgadamente por los trabajadores más lentos.

¿Cómo obtendrá el especialista en estudio del trabajo niveles equitativos basados en el estudio de tiempos? Ya hemos dicho que siempre que sea posible los estudios deben hacerse con trabajadores de tipo medio. Si se obtienen los tiempos invertidos por 500 operarios en una sola operación para trazarlos como se expone en la figura 57, se obtendría un tiempo tipo fidedigno, pero desgraciadamente eso casi nunca es factible. No siempre se puede cronometrar una tarea con un trabajador del tipo medio, y aunque se pudiera, es menester considerar que los operarios no trabajan con igual constancia día tras día, ni siquiera minuto tras minuto. El analista debe disponer de medios para evaluar el ritmo del trabajo del operario que observa y establecer su relación con el ritmo normal. El procedimiento empleado para lograrlo se denomina **valoración**.

Valoración (denominada también valoración del rendimiento) es la operación mental mediante la cual el especialista en estudio del trabajo compara la actuación del operario a quien está observando con su propio concepto de ritmo normal de ejecución del trabajo por un método determinado.

Por definición, valorar es, en tal sentido, comparar, hacer una comparación del nivel de la actuación observada, generalmente la velocidad de trabajo, con un cuadro de rendimiento normal presente en la mente del analista. Ese nivel medio se denomina generalmente ritmo « normal ».

¹ Para más pormenores de diversos tipos de sistemas corrientes de primas, véase O.I.T.: *La remuneración por rendimiento* (Ginebra, 1953).

Ritmo normal es la velocidad de trabajo del operario medio que actúa bajo una dirección competente, pero sin el estímulo de un sistema de remuneración por rendimiento. Ese ritmo puede mantenerse fácilmente un día tras otro sin excesiva fatiga física o mental y se caracteriza por la realización de un esfuerzo constante y razonable.

El ritmo normal más comúnmente aceptado en Estados Unidos y en Gran Bretaña es equivalente a la velocidad de movimientos de los miembros de un hombre de facultades físicas medias que recorre a pie, sin carga alguna, por terreno llano y en línea recta, tres millas por hora (4.800 m.). Ese ritmo ha sido fijado después de larga experiencia, por considerarse que constituye una base adecuada, y permite al obrero medio, dispuesto a realizar un esfuerzo adicional razonable, ganar primas aceptables sin un esfuerzo agotador perjudicial para su salud, incluso aunque lo realice durante un largo período. (Puede interesar saber que andar 4,8 km por hora es en realidad una marcha bastante lenta.)

Es de notar, sin embargo, que dicha «marcha normal» se aplica a los europeos y estadounidenses que trabajan en un medio ambiente templado. Puede no ser «normal» en otras partes del mundo, pero sirve de norma teórica para comparar otras actuaciones y decidir si conviene o no efectuar rectificaciones. Para ello será necesario efectuar cuidadosas experiencias con un gran número de trabajadores. También es una norma tipo comúnmente aceptada la acción de repartir una baraja completa de 52 naipes en 0,50 de minuto.

El rendimiento normal del operario medio, es decir, del que posee la inteligencia y facultades físicas necesarias, así como formación y experiencia en el trabajo que ejecuta, se reflejará solamente después de varias horas de trabajo observado. Todo el que realiza trabajos manuales ejecutará generalmente los movimientos directamente relacionados con su trabajo a su velocidad natural, que sin duda será superior a la de su ritmo normal. (Si no fuera así, le sería imposible mantener sin fatiga excesiva un ritmo superior en un 20 o 30 por ciento al normal cuando trabaje bajo un sistema de remuneración por rendimiento.)

Cuando los tiempos tipo se utilizan como base de la remuneración por rendimiento suele estipularse en muchos de los acuerdos obreropatronales que se fijen a un nivel que permita al operario representativo o medio remunerado con arreglo a su rendimiento ganar del 20 al 35 por ciento más que con arreglo al tiempo tipo. Si el obrero carece de estímulo para producir más, tolerará que se introduzca tiempo improductivo, con frecuencia segundos o fracciones de segundo, aparte del que desperdicie conscientemente. De ese modo es fácil que reduzca su rendimiento, en el espacio de una hora aproximadamente, al equivalente a una actuación normal. Por otra parte, si se le ofrece un incentivo suficiente que le

6. ESCALAS DE VALORACIÓN

CUADRO 10. — EJEMPLOS DE LOS NIVELES DE RENDIMIENTO CON ARREGLO A LAS TRES PRINCIPALES ESCALAS DE VALORACIÓN

Valoración normal			Descripción	Velocidad de marcha comparable ¹ (Millas por hora)	
60	75	100			
40	50	67		Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo.	2 (3,2 km)
60	75	100	Ritmo normal	Constante, premeditado, como de operario que no trabaja a destajo, pero que lo hace bajo dirección competente; en apariencia lento, pero no desperdicia tiempo deliberadamente mientras se le observa.	3 (4,8 km)
80	100	133	Ritmo en trabajo por piezas	Activo, experto, como de operario medio adiestrado en trabajo a destajo; logra con seguridad el nivel de calidad y precisión fijado.	4 (6,4 km)
100	125	167		Muy rápido; el operario da muestras de gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, bastante superior a las del operario medio adiestrado.	5 (8 km)
120	150	200		Extraordinariamente rápido; concentración y esfuerzo intenso que es improbable pueda mantener durante largos períodos; actuación de « virtuoso », que sólo pueden efectuar unos pocos trabajadores sobresalientes.	6 (9,6 km)

Fuente: Adaptación de un cuadro publicado por la Engineering and Allied Employers (West of England) Association Department of Work Study.

¹ Partiendo del supuesto de un operario de estatura y facultades físicas medias, sin carga, que camine en línea recta, por terreno llano y sin obstáculos.

Antes de que pueda utilizarse una comparación entre el rendimiento observado y el normal para modificar el tiempo observado, es preciso expresarla en términos numéricos. Entonces podrá utilizarse como factor de multiplicación de los tiempos observados para establecer su relación con los tiempos normales.

Existen varias escalas de valoración, siendo las más empleadas aquellas en que el ritmo normal se representa por 100, 60 y 75, respectivamente. Una encuesta efectuada en 1917 demostró que la escala más utilizada entonces en Estados Unidos era la de 100-normal (o de « porcentajes »), seguida de la escala 60-normal (de « puntos » o « minutos tipo »)¹. En Gran Bretaña, la escala que probablemente tiene más aceptación hoy día es la de puntos, seguida de cerca por la de porcentajes, si bien los países europeos que han adoptado el sistema métrico prefieren la escala de porcentajes.

Como en las misiones de productividad de la O.I.T. se enseña actualmente la escala de porcentajes y es probable que esta obra logre mayor difusión en países que han adoptado el sistema métrico, utilizaremos dicha escala en todos los cálculos y ejemplos. El tipo de escala que se utilice no influye en la exactitud de la valoración, que depende enteramente de la experiencia y pericia del observador. El cuadro 10 muestra ejemplos de varios niveles de rendimiento con arreglo a las tres escalas mencionadas.

7. CÓMO SE APLICA EL FACTOR DE VALORACIÓN

El rendimiento 100 por ciento representa el normal. Si el analista estima que la operación que está observando se ejecuta con menos eficacia de lo que él considera « normal », entonces aplicará un factor inferior a 100: 90 u 85, pongamos por caso, o cualquier otro que a su entender represente una valoración adecuada. Si considera, por otra parte, que se está efectuando más eficazmente de lo normal, entonces se aplicará un factor superior a 100: 110, 115 o 130, por ejemplo.

Es costumbre redondear la valoración a cero o cinco, es decir, que si se estima que la actuación se está desarrollando a un nivel que representa el 13 por ciento por encima del normal, la valoración se fija en 115.

El índice que se utiliza para expresar la valoración deberá reflejar las repeticiones del mismo elemento ejecutado del mismo modo:

$$\text{Tiempo observado} \times \text{Valoración} = \text{Constante}$$

Un ejemplo, en términos numéricos, sería el siguiente:

Ciclo	Tiempo observado (Minutos decimales)		Valoración	=	Constante
1	0,20	×	100	=	20
2	0,16	×	125	=	20
3	0,25	×	80	=	20

y así sucesivamente.

¹ Ralph M. BARNES: *Estudio de movimientos y tiempos, op. cit.*, pág. 371.

En la práctica, el producto del tiempo observado por la valoración muy rara vez es exactamente constante a lo largo de numerosas lecturas de reloj, por diversas razones, como las siguientes :

- variaciones en el contenido de trabajo del elemento ;
- inexactitudes en la anotación y registro de los tiempos observados ;
- inexactitudes de valoración ;
- variaciones debidas a redondear la valoración a cero o cinco.

Es preciso tener siempre presente que la valoración no es un factor aislado pues hay que considerarlo siempre en relación con la valoración normal (100) de modo que cuando se computa el tiempo modificado, la valoración calculada es el numerador de una fracción de la que la valoración normal es el denominador. Sera un porcentaje cuando se trate de 100-normal. Este porcentaje multiplicado por el tiempo observado da el « tiempo normalizado » del elemento.

$$\text{Tiempo observado} \times \frac{\text{Valoración}}{\text{Valoración normal}} = \text{Tiempo normalizado}$$

Por ejemplo :

$$0,16 \text{ minutos} \times \frac{125}{100} = 0,20 \text{ de minuto.}$$

Este tiempo normalizado (0,20 de minuto en el ejemplo) representa el tiempo que se invertiría en ejecutar el elemento (a juicio del observador) si el operario trabajara a un ritmo normal en vez de hacerlo a un ritmo acelerado.

Si se estima que el operario trabaja más despacio de lo normal, se obtendría entonces un tiempo normal inferior al observado.

Por ejemplo :

$$0,25 \text{ de minuto} \times \frac{80}{100} = 0,20 \text{ de minuto.}$$

8. VALORACIÓN DE LA TAREA

Hemos examinado la teoría de la valoración con algún detenimiento y podemos emprender ahora un estudio completo.

En general, cada elemento de actividad deberá valorarse durante su ejecución antes de registrar el tiempo, sin tener en cuenta los elementos previos o posteriores. No se tomará en consideración el aspecto relativo a la fatiga, ya que el suplemento para reponerse de la misma será evaluado separadamente (véase el capítulo 17).

SUPLEMENTOS

Ya se ha visto el significado de la valoración. Su efecto consistente en ampliar o reducir el tiempo observado del elemento en una cantidad igual a:

$$\text{Tiempo observado} \times \frac{\text{Valoración} - 100}{100}$$

Una vez que se dispone del tiempo valorado del ciclo como sumatoria del tiempo valorado de los elementos, es necesario agregar principalmente los siguientes suplementos:

- 1.- Descanso y necesidades personales.
- 2.- Suplementos especiales.
- 3.- Suplementos discrecionales.

Los suplementos por descanso y necesidades personales deben añadirse en todas las operaciones; los otros suplementos pueden añadirse en las circunstancias que se describen más adelante.

Es necesario añadir estos suplementos porque hasta ahora el analista sólo ha tomado en consideración el trabajo productivo llevado a cabo por el operario. Ha sido excluido el tiempo improductivo del operario o de la máquina, e incluso todos los períodos de descanso, pero ahora es necesario considerarlos.

Como ejemplo podemos mencionar algunas tareas manuales que, si bien no forman parte del ciclo de trabajo, son esenciales para la terminación del mismo:

- A.-Preparar las instalaciones, la maquinaria, o el lugar de trabajo.
- B.-Limpiar las máquinas entre una y otra tarea.
- C.-Recoger o entregar material.
- D.-Conservar las herramientas y el equipo.

El especialista en estudio del trabajo no podrá, tal vez, observar todas estas actividades en el curso de un sólo estudio; tendrá que realizar algunas veces estudios especiales para determinar la duración de las actividades, e incluso un estudio de la producción o utilizar el método de muestreo para determinar su frecuencia.

Suplementos por descanso y por necesidades personales

El suplemento por descanso es el margen de tiempo que se añade al tiempo normal (calculado generalmente en porcentaje) para proporcionar al trabajador la oportunidad de recuperarse de los efectos fisiológicos del gasto de energía inherente a la ejecución de un trabajo especificado en condiciones determinadas, y para atender a sus necesidades personales.

El suplemento por descanso, suplemento de descanso compensatorio o suplemento por fatiga permite resolver el segundo y tercer casos de tiempo improductivo imputable al operario mencionados en los apartados B y C¹. El suplemento por descanso es con frecuencia la única adición considerable al tiempo normal y debe ser examinado con algún detenimiento.

En el curso del estudio de métodos, que debe efectuarse antes de cronometrar la tarea, la energía necesaria para ejecutar la operación ha quedado reducida al mínimo gracias a métodos perfeccionados basados en normas de economía de movimientos o mediante la mecanización, siempre que sea factible, de todos los trabajos realmente pesados, pero todavía existirá un gasto de energía que hay que reponer y para ello se asigna el suplemento por fatiga.

Fatiga es un estado de lasitud física o mental, real o imaginaria, de una persona, que influye adversamente en su capacidad de trabajo.

Los efectos de la fatiga pueden aminorarse por medio de periodos de descanso durante los cuales el cuerpo se repone del esfuerzo realizado, o reduciendo el ritmo de trabajo y por consiguiente el consumo de energía.

Los estudios realizados en muchos países sobre la fatiga laboral han sido numerosos y profundos. Los Gilbreth (fundadores del estudio de movimientos) figuran entre los precursores de tales estudios en Estados Unidos, así como también la Junta de Investigaciones de Higiene del Trabajo de Gran Bretaña por la labor realizada durante la primera guerra mundial e inmediatamente después de ella. Fisiólogos y psicólogos han llevado a cabo una importante labor sobre la naturaleza de la fatiga y la recuperación de los efectos de la misma, pero muchos de esos trabajos versaron sobre condiciones y casos extremos que rara vez se dan en la industria (si existen, es que la dirección de la empresa no funciona bien). Los trabajadores industriales laboran generalmente, salvo los que tienen que hacerlo a temperaturas muy elevadas o en tareas muy

¹ Véase pág. 262.

duas (en hornos siderúrgicos, por ejemplo), sin llegar, ni mucho menos, al límite de su capacidad física o mental. Sólo recientemente se han hecho estudios serios sobre esta última materia y es muy escasa la labor realizada sobre los suplementos que deben concederse para que el trabajador se recupere de la fatiga. El Instituto Max Planck de Fisiología del Trabajo, de Dortmund (República Federal de Alemania), ha contribuido mucho a llenar este importante vacío con la publicación de un valioso libro sobre este tema ¹.

En muchos de los países a que se destina este libro tiene particular importancia el problema de los suplementos en trabajos que se realizan en ambientes muy calurosos y posiblemente húmedos. Es muy poco lo que se sabe sobre esta materia; los laboratorios de investigación de la Asociación de Industrias Textiles de Ahmedabad, India, están efectuando importantes investigaciones y se espera con interés el resultado de su labor.

El profesor Hohwü Christensen ha efectuado extensas investigaciones sobre los obreros de la industria siderúrgica de Suecia. La Junta de Investigación Médica de Gran Bretaña ha llevado a cabo una importante serie de experimentos por espacio de tres años sobre los efectos del clima en trabajos calificados ejecutados por europeos jóvenes en países tropicales ². Volveremos sobre este asunto al tratar de los suplementos por descanso en climas tórridos.

Pese a la labor realizada y a la que se está realizando sobre la fatiga, la asignación de suplementos por tal causa sigue basándose en gran parte en conjeturas. Se han establecido muchas escalas de suplementos (la mayor parte de los asesores industriales de todos los países tienen sus escalas propias) para diversos tipos de actividad en condiciones de trabajo distintas; el propósito de todas ellas es lograr cierto grado de coordinación entre las medidas encaminadas a que el obrero se reponga de la fatiga. Todos coinciden en la necesidad de tales medidas, muchas de las cuales parecen dar buen resultado en la práctica.

Tal vez lo único realmente importante es que el sistema de suplementos por descanso sea objeto de negociación y acuerdo entre todos los interesados o sus representantes.

Los suplementos por descanso se calculan como porcentajes del tiempo normal. Cuando varía mucho el esfuerzo necesario para ejecutar los diversos elementos de una tarea (por ejemplo si es preciso colocar una pieza pesada en una máquina al comienzo de una tarea y retirarla al terminar la misma), suele añadirse a cada elemento el suplemento que se estime necesario para el mismo. Esto permite también asignar a un elemento irregular un suplemento distinto del que corresponde a los elementos regulares (véase la figura 63).

¹ G. LEHMANN: *Praktische Arbeitsphysiologie* (Stuttgart, Georg Thieme Verlag, 1953). Existe una edición francesa de esta obra con el título *Physiologie pratique du travail* (Paris, Les éditions d'organisation, 1955).

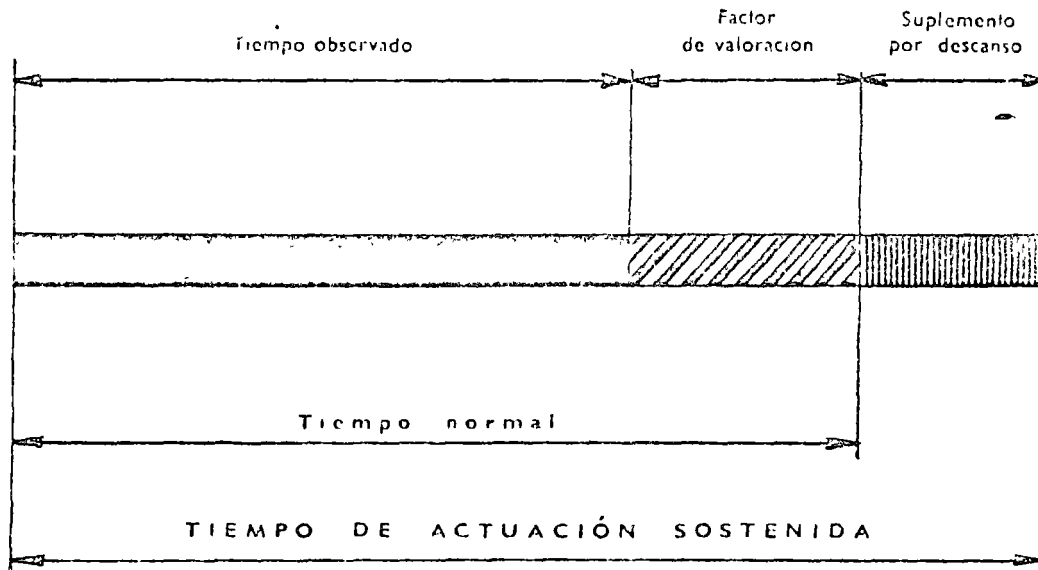
² R. D. PEPPER: *The Effect of Climatic Factors on the Performance of Skilled Tasks by Young European Men Living in the Tropics* (Londres, Medical Research Council, 1953-1954) (mimeografiado).

Cálculo del tiempo asignado

En el estudio de tiempos moderno, el especialista en estudio del trabajo se esfuerza por fijar tiempos tipo exactos y justos, y esa labor resultaría infructuosa si se añaden precipitadamente y sin la consideración debida unos porcentajes aquí y otros allá, «por si acaso». Sobre todo, los suplementos por descanso no deben utilizarse nunca para dar mayor «amplitud de ejecución» a la tarea.

La figura 62 muestra el efecto de añadir suplementos por descanso al tiempo normal. El total resultante es el tiempo que es menester asignar para que la actuación se mantenga a un nivel que permita la obtención de primas durante un período indefinido sin perjuicio para la salud del trabajador. Podemos llamarlo «tiempo de actuación sostenida». Si la tarea es fácil y no necesita suplementos por características del proceso o por otros conceptos, el «tiempo de actuación sostenida» es igual al tiempo asignado.

FIGURA 62. — EFECTO DE LA ADICIÓN DEL SUPLEMENTO POR DESCANSO AL TIEMPO NORMAL.



El ejemplo de estudio de tiempos de las figuras 64 a 69 muestra que, incluso en trabajos relativamente ligeros, los suplementos por descanso pueden representar cerca del 12 por ciento del tiempo normal; en trabajos pesados pueden llegar al 20 por ciento o más. Esto quiere decir que se asignan al trabajador períodos de descanso que suman de una hora a hora y media en la jornada de ocho horas de trabajo. Planteada la cuestión en tales términos, muchos jefes de empresa calificarán de absurda e innecesaria tal proporción de descanso. Dirán incluso que sus obreros no han tomado nunca tanto descanso, y es casi seguro que se equivocan.

En casi todas las fabricas y en otros establecimientos donde se trabaja a destajo hay siempre algunos operarios muy activos que, interesados en incre-

mentar sus ingresos, apenas toman descanso o no descansan nada. Naturalmente, ganan primas mayores que sus compañeros, pero su vigor y resistencia son también superiores a los del promedio. El obrero medio, para el que se fijan los tiempos tipo, necesita períodos de descanso adecuados si es que ha de mantener día tras día su ritmo de trabajo durante todo el año. Habitualmente descansa haciendo breves pausas durante la jornada, unos minutos aquí y otros allá, que apenas se notan individualmente, pero que agregados representan aproximadamente el suplemento asignado a la tarea.

No hay regla fija sobre cómo ha de tomarse el descanso; está comprobado que el operario tarda más en experimentar la fatiga tomando descansos breves y frecuentes que con períodos de descanso largos a intervalos menos frecuentes ¹.

Los primeros que se dedicaron al estudio de tiempos y movimientos hacían interrumpir el trabajo con pausas cortas a intervalos de unos minutos; las películas más antiguas sobre esta materia nos muestran cómo se aplicaba este sistema con operarios que transportaban lingotes de hierro u otras cargas pesadas. Pero hace tiempo que en los países occidentales se desechó esta idea de alternar los períodos de trabajo y descanso en rápida sucesión. Sin embargo, es opinión generalmente aceptada que el obrero descansa más utilizando los descansos aprobados por la dirección que haciéndolo a hurtadillas cuando no lo ve el capataz. Una de las ventajas de fijar debidamente tiempos tipo es que proporcionan al operario un objetivo de rendimiento que debe conseguir en la jornada; si lo logra, nadie podrá acusarlo de ociosidad por hacer una pausa para descansar, pero no podría justificarse en ausencia de ese objetivo.

Es corriente interrumpir el trabajo durante diez minutos o un cuarto de hora a la mitad de la mañana o de la tarde y dar facilidades para tomar café o refrescos y bocadillos, permitiendo que el operario tome el tiempo restante del descanso que le corresponda cuando lo estime más conveniente.

Ha quedado ampliamente demostrado que los períodos de descanso bien organizados son beneficiosos, por las razones siguientes:

- permiten aumentar el trabajo diario sin fatigar indebidamente al trabajador;
- son del agrado de los trabajadores, pues rompen la monotonía de la jornada;
- reducen las oscilaciones en el rendimiento diario del operario y tienden a mantenerlo alrededor del nivel máximo;
- reducen el tiempo utilizado para necesidades personales durante las horas de trabajo.

Hay mucho de verdad en el dicho «un cambio vale tanto como un descanso». Si es conveniente que el operario que trabaja de pie todo el día se sienta

¹ G. LEHMANN, *op. cit.*, edición francesa, págs. 61-80.

Cálculo del tiempo asignado

de vez en cuando, también lo es que el que trabaja sentado se levante de cuando en cuando y dé algunos pasos. Es aconsejable algunas veces encomendar trabajos secundarios al operario que normalmente trabaja sentado, como ir a recoger material de los almacenes, para dar así un poco de variedad a su trabajo. De esa forma, un trabajo sirve de distracción a otro, pero es difícil evaluar el efecto de tales prácticas.

Sucede a veces que el operario hace pausas breves mientras ejecuta una operación, y esta forma de descanso se traduce con frecuencia en una mayor lentitud del ritmo de trabajo a medida que se fatiga el trabajador.

Factores que hay que considerar al fijar los suplementos por descanso.

Los suplementos por descanso pueden ser de dos clases: constantes y variables.

Los suplementos constantes se componen de dos suplementos: el de necesidades personales, y el destinado a recuperar las energías aun cuando no se trabaje. En el primero se incluye la satisfacción de necesidades personales, como lavarse, ir al excusado o beber agua.

Las cifras relativas a uno u otro suplemento varían según las condiciones de trabajo y el sexo del operario; por ejemplo, el suplemento por necesidades personales de las mujeres deberá ser más largo que el de los hombres. Tampoco están de acuerdo los especialistas sobre los suplementos que consideran apropiados en cada caso. El cuadro 13 contiene un ejemplo de una escala de suplementos que ha sido muy aplicada.

Los suplementos variables se asignan por factores que varían de una tarea a otra. La lista siguiente contiene la mayoría de los factores que probablemente será preciso considerar:

- A. Trabajo de pie.
- B. Trabajo en postura anormal.
- C. Uso de fuerza o energía muscular.
- D. Mala iluminación.
- E. Condiciones atmosféricas.
- F. Concentración intensa.
- G. Ruido.
- H. Tensión mental.
- I. Monotonía.
- J. Tedio.

En el cuadro 13 se dan ejemplos de los suplementos previstos en tales casos, pero tal vez sean útiles algunas observaciones.

A. Trabajo de pie.

Se concede este suplemento cuando es indispensable que un operario ejecute su trabajo de pie. Sin embargo, siempre que sea posible deberá proporcionársele un asiento.

B. Trabajo en postura anormal.

La postura normal del trabajador en los países occidentales es de pie o sentado teniendo el trabajo a la altura de la cintura aproximadamente. Por lo tanto, otras posturas pueden considerarse anormales y será preciso conceder suplementos proporcionales al esfuerzo que representen. Las posiciones consideradas como normales pueden variar según los países; en la India, por ejemplo, la posición normal es en cuclillas.

C. Uso de fuerza o energía muscular.

Se concede este suplemento para permitir levantar o llevar pesos de la forma más conveniente. Las cifras del cuadro 13 indican que conforme aumenta la carga es conveniente, tanto por razones de economía como de humanidad, proporcionar ayuda mecánica.

D. Mala iluminación.

Si la iluminación es inferior a la recomendada en el capítulo 6 (cuadro 2, pág. 60) y no es posible mejorarla, deberá asignarse un suplemento proporcional al esfuerzo adicional necesario.

E. Condiciones atmosféricas.

Cuando un ser humano ejecuta un trabajo físico, ocurren cambios en su organismo que dependen de la naturaleza del trabajo y de la cantidad de energía consumida para realizarlo. En general el cuerpo humano genera calor, cuyo exceso se elimina gracias a la transpiración. La proporción en que se efectúa esta pérdida de calor depende de varios factores, entre ellos los siguientes:

- la temperatura del medio ambiente (medida con termómetro seco);
- la humedad del ambiente (medida con termómetro húmedo);
- la velocidad de movimiento del aire;
- la presencia de cuerpos que desprenden calor: máquinas, paredes, etc.

Los tres primeros factores pueden evaluarse mediante el termómetro húmedo de Kata, instrumento que nos indica la proporción en que la atmósfera absorbe calor, expresándola en milicalorías por centímetro cuadrado y segundo. Cuanto mayor sea la cifra que marque ese termómetro más cómodas serán las condiciones de trabajo.

Cálculo del tiempo asignado

Es evidente que cuando sea preciso conceder suplementos de esta naturaleza para compensar las condiciones atmosféricas, interesará al empleador, desde el punto de vista económico, disponer de instalaciones adecuadas para el acondicionamiento del aire. Cabe señalar que, incluso si no se conceden oficialmente esos suplementos, los operarios tomarán lo mismo el descanso correspondiente, puesto que la resistencia humana tiene sus límites. Ello se ha observado en todos los países cálidos.

Hemos examinado detenidamente el suplemento por descanso en condiciones atmosféricas calurosas o húmedas porque es probable que este libro se utilice mucho en países donde prevalecen dichas condiciones de trabajo. Los especialistas en estudio del trabajo deberán recoger toda la información que puedan sobre esta materia para fijar los tiempos tipo en dichas condiciones. En particular deberán recabar el asesoramiento de las autoridades a quienes compete inspeccionar las condiciones de trabajo.

F. Concentración intensa.

Fatiga la vista tener que prestar una atención intensa al trabajo o al instrumento que se utiliza, como en trabajos de relojería o al inspeccionar tejidos para localizar posibles rupturas de los hilos.

G. Ruido.

Causan fatiga y tensión los ruidos fuertes que se repiten a intervalos irregulares, como los que se producen en las operaciones de remachado, o cuando los trabajadores tienen que comprobar por el oído los cambios de intensidad, tono o grado de un ruido, como en los ensayos de ciertos tipos de maquinaria.

H. Tensión mental.

Una concentración prolongada, como cuando se trata de recordar un proceso largo y complicado, puede ser causa de tensión mental. (Otra razón para que se anoten por escrito todos los detalles del proceso siempre que sea posible.) También puede existir esa tensión si el operario atiende varias máquinas, como en la industria textil, y ello le produce una sensación de ansiedad.

I. Monotonía.

Suele ser el resultado del uso reiterado de determinadas facultades mentales, como en el cálculo mental, por ejemplo. Ocurre con mayor frecuencia en los trabajos rutinarios de oficina que en los de talleres. Debe preverse la posibilidad de cambiar de trabajo.

J. Tedio.

Es el cansancio que produce la repetición de los mismos movimientos en diversos clases de trabajos. El estudio de métodos tiende a hacer el trabajo más aburrido para los obreros calificados, pero frecuentemente permite asignar

CUADRO 13. — EJEMPLO DE UN SISTEMA DE SUPLEMENTOS POR DESCANSO EN PORCENTAJES DE LOS TIEMPOS NORMALES¹ VALORADOS.

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES		Hombres		Mujeres	
Suplemento por necesidades personales		5		7	
Suplemento base por fatiga		4		4	

2. SUPLEMENTOS VARIABLES		Hombres		Mujeres	
A. Suplemento por trabajar de pie					
		2		4	
B. Suplemento por postura anormal					
Ligeramente incómoda		0		1	
Incómoda (inclinado)		2		3	
Muy incómoda (echado, estirado)		7		7	
C. Uso de la fuerza o de la energía muscular (Levantar, tirar o empujar)					
<i>Peso levantado en kilos</i>					
2,5		0		1	
5		1		2	
7,5		2		3	
10		3		4	
12,5		4		6	
15		5		8	
17,5		7		10	
20		9		13	
22,5		11		16	
25		13		20 (máx.)	
30		17		—	
35,5		22		—	
D. Mala iluminación²					
Ligeramente por debajo de la potencia calculada		0		0	
Bastante por debajo		2		2	
Absolutamente insuficiente		5		5	

E. Condiciones atmosféricas ³ (Calor y humedad)		Hombres		Mujeres	
NORMAL $\approx 20^{\circ}\text{C}$ HUMEDAD: 50-70%					
<i>Indice de enfriamiento en el termómetro húmedo de Kala (Milcalorías/cm²/segundos)</i>					
16				0	
14				0	
12				0	
10				3	
8				10	
6				21	
5				31	
1				40	
3				65	
2				100	

F. Concentración intensa		Hombres		Mujeres	
Trabajos de cierta precisión		0		0	
Trabajos de precisión o fatigosos		2		2	
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos		5		5	

G. Ruido		Hombres		Mujeres	
Continuo		0		0	
Intermitente y fuerte		2		2	
Intermitente y muy fuerte / Estudente y fuerte		5		5	

H. Tensión mental		Hombres		Mujeres	
Proceso bastante complejo		1		1	
Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos		4		1	
Muy complejo		8		8	

I. Monotonía		Hombres		Mujeres	
Trabajo algo monótono		0		0	
Trabajo bastante monótono		1		1	
Trabajo muy monótono		4		4	

J. Tedio		Hombres		Mujeres	
Trabajo algo aburrido		0		0	
Trabajo aburrido		2		1	
Trabajo muy aburrido		5		2	

¹ Cifras reproducidas con autorización de la Personnel Administration Ltd., Londres.

² Véase el cuadro 2.

³ Cifras facilitadas por J. B. Shearer.

⁴ En porcentaje de la duración del turno de trabajo. Estas cifras se aplican únicamente a las personas acclimatadas.

Cálculo del tiempo asignado

las tareas más sencillas a los obreros menos calificados. Deberá ponerse mucho cuidado, en todo momento, en la selección de los operarios. Se mitiga el aburrimiento colocando a los trabajadores, especialmente si son muchachas, de forma que puedan charlar de vez en cuando mientras trabajan. Cantar a coro también contribuye a crear buen ambiente en el taller y disminuye la monotonía del trabajo.

El suplemento por descanso puede añadirse a cada elemento en la hoja resumen del estudio del trabajo. Es más fácil hacerlo utilizando un formulario especial como el de la figura 68, donde se anotan debidamente los suplementos relativos al citado ejemplo.

En el cuadro 13 se recogen, a título puramente ilustrativo, algunos ejemplos de suplementos por descanso recomendados por una importante oficina de expertos en la materia del Reino Unido.

Suplementos especiales

Pueden concederse suplementos especiales para actividades que normalmente no forman parte del ciclo de actividades, pero que son esenciales para la buena ejecución del trabajo. Tales suplementos pueden ser permanentes o temporales, lo que deberá especificarse. En la medida de lo posible, esos suplementos deberán determinarse mediante un estudio de tiempos o de la producción (véase capítulo 19).

Se clasifican en tres categorías generales :

- Suplementos por actividades periódicas.
- Suplementos por interrupciones de la maquinaria.
- Suplementos por contingencias.

● Suplementos por actividades periódicas.

Son los que se prevén para los trabajos que se realizan periódicamente en una fabricación determinada o cuando una tarea concreta se efectúa durante cierto período. Cubren las actividades preparatorias y secundarias enumeradas en la sección 2 de este capítulo, que se agrupan como sigue :

1. Suplementos por actividades ejecutadas a intervalos regulares o después de ejecutar cierto número de ciclos.

Ejemplos: Afilar las herramientas.

Limpiar las máquinas o las instalaciones.

Reajustar las máquinas.

Inspeccionar o comprobar periódicamente.

2. Los suplementos por actividades que se ejecutan solamente una vez en el curso de un lote de producción o de un pedido, sin tener en cuenta la importancia del mismo ni la duración del trabajo.

Ejemplos: Preparar una máquina-herramienta al comienzo de un lote de producción.

Preparar las instalaciones para fabricar pintura de un nuevo color.

Ajustar un telar para fabricar un tejido determinado.

Veremos en el ejemplo que ponemos más adelante cómo se aplican los suplementos periódicos del segundo tipo. En los del primero se añaden al tiempo asignado para cada pieza y se registran en la hoja resumen, después de obtener previamente un tiempo tipo. Los suplementos del segundo grupo se añaden de una sola vez al tiempo total del lote de producción o serie de actividades.

• Suplementos por interrupciones de la maquinaria.

Son los que se conceden a los operarios que trabajan con varias máquinas que pueden pararse fortuita o periódicamente, para que la remuneración por primas del operario no quede mermada por esa causa. Pueden producirse **interrupciones cíclicas o fortuitas de la maquinaria**. Desde el punto de vista del operario, estos suplementos compensan el tiempo improductivo de las máquinas o de las instalaciones incluido en el apartado F¹.

Hay interrupción de la maquinaria cuando un operario atiende a una o más máquinas y una o varias de ellas se paran mientras el trabajador está ocupado en otra.

Hay interrupción cíclica si varias máquinas se paran a intervalos fijos.

Hay interrupción fortuita si varias máquinas se paran al azar.

La importancia de las interrupciones depende de diversos factores, entre los que figuran los siguientes:

- la habilidad y el esfuerzo del operario;
- la magnitud de su tarea (el número de máquinas que tiene que atender);
- la precedencia que se conceda a las interrupciones sobre las demás tareas del operario;
- la duración del trabajo que sea necesario ejecutar por la interrupción de las máquinas;

¹ Véase pág. 262.

- la relación entre el trabajo descrito en el inciso anterior y otras tareas del operario.

Las interrupciones de la maquinaria causan pérdida de producción, porque una máquina se para mientras el obrero está ocupado con la detención de otra; por lo tanto, si no se concede un suplemento especial, el total de la producción no reflejaría el rendimiento real del operario, pese a que éste haya trabajado constantemente a su ritmo habitual.

La interrupción cíclica puede ocurrir en todas las máquinas, incluso en las que son enteramente automáticas, cuando los tiempos del ciclo automático sean distintos. En la industria textil, el elemento correspondiente a « cambiar de lanzadera » puede ser causa de interrupción cíclica.

Ocurre la interrupción fortuita si la maquinaria se para de improviso; por ejemplo, cuando se rompe una hilaza al devanarla o la urdimbre de un tejido mientras el operario atiende a otra máquina.

Para calcular los suplementos por interrupciones de la maquinaria será necesario hacer estudios de producción sobre las características de la sincronización y de la frecuencia del tiempo improductivo en las máquinas en cuestión. El tema tiene gran importancia en la industria textil, tanto de hilados como de tejidos, y ha sido objeto de numerosos estudios, ideándose varias fórmulas matemáticas relativas a la interrupción de la maquinaria. No volveremos a tratar este asunto en la presente obra, pero señalamos su importancia particularmente para el lector que realice estudios del trabajo en la industria textil¹.

⊙ Suplemento por contingencias.

En determinadas circunstancias puede ser necesario asignar un pequeño suplemento en previsión de ciertas eventualidades que se sabe son inevitables, pero cuya frecuencia sería imposible o antieconómico estudiar. Los suplementos por contingencias no deberán ser superiores al 5 por ciento, y solamente se concederán cuando el analista esté absolutamente seguro de que no es posible eliminar las causas de tales eventualidades y de que se trata de actividades justificadas. En ningún caso se utilizarán esos suplementos para alargar los tiempos ni para evitar la aplicación de buenos métodos en el estudio de tiempos. Deberán especificarse las operaciones a que se asignen esos suplementos. Por otra parte, puede ser justo y necesario asignar automáticamente suplementos por contingencias en empresas cuyo trabajo de talleres no esté bien organizado. Esto viene a subrayar la necesidad de mejorar las condiciones y organización del taller todo lo posible antes de fijar los tiempos tipo, y estimulará a la dirección a adoptar las medidas necesarias.

¹ Para la redacción de las observaciones que preceden acerca de los suplementos por interrupciones de la maquinaria se han tenido en cuenta las notas preparadas por H. MITCHELL sobre *Machine Interference* para el curso de enseñanza de estudio del trabajo de la Junta del Algodón del Reino Unido.

Suplementos discrecionales

Se llaman suplementos discrecionales cualesquiera suplementos que la dirección estime necesario conceder además de los asignados en virtud de las características del trabajo en cuestión.

Los suplementos discrecionales no forman parte en realidad del estudio de tiempos; se utilizarán con la máxima prudencia y solamente en circunstancias claramente definidas. Deberán examinarse siempre con entera independencia del tiempo base asignado, a fin de que no influyan para nada en el tiempo tipo establecido mediante el estudio de tiempos.

Los suplementos discrecionales se conceden generalmente para armonizar el tiempo base calculado con los acuerdos sobre salarios concertados entre los empleadores y los sindicatos. En el Reino Unido, por ejemplo, el rendimiento en las empresas que aplican el sistema de primas se fija generalmente a un nivel que permita al obrero medio percibir una prima del 33,33 por ciento de su tasa base si logra el citado rendimiento. Sin embargo, en ciertos convenios colectivos se prevé la posibilidad de un porcentaje más elevado. Para compensar la diferencia se concede el suplemento discrecional que puede fijarse en función del tiempo base asignado; por ejemplo, si la prima mínima concertada es del 45 por ciento, el factor será :

$$\frac{145}{133,3} = 1,09,$$

por el que habrá que multiplicar el tiempo base asignado.

Los suplementos temporales, que son también una modalidad del suplemento discrecional, pueden concederse en circunstancias anormales, como la mala calidad del material o porque una parte determinada de las instalaciones funciona mal. Se asignarán tan sólo mientras dure la anomalía.

A título de aliciente, también pueden concederse suplementos, que se denominan suplementos de aprendizaje, a los operarios nuevos mientras adquieren plena pericia en la ejecución de su trabajo. Suelen asignarse suplementos análogos durante las primeras semanas de la aplicación de un nuevo estudio de tiempos, a fin de compensar a los operarios mientras se habitúan al nivel convenido de rendimiento, al que es pagadera la prima.

3. TIEMPO ASIGNADO (ESTADUAR)

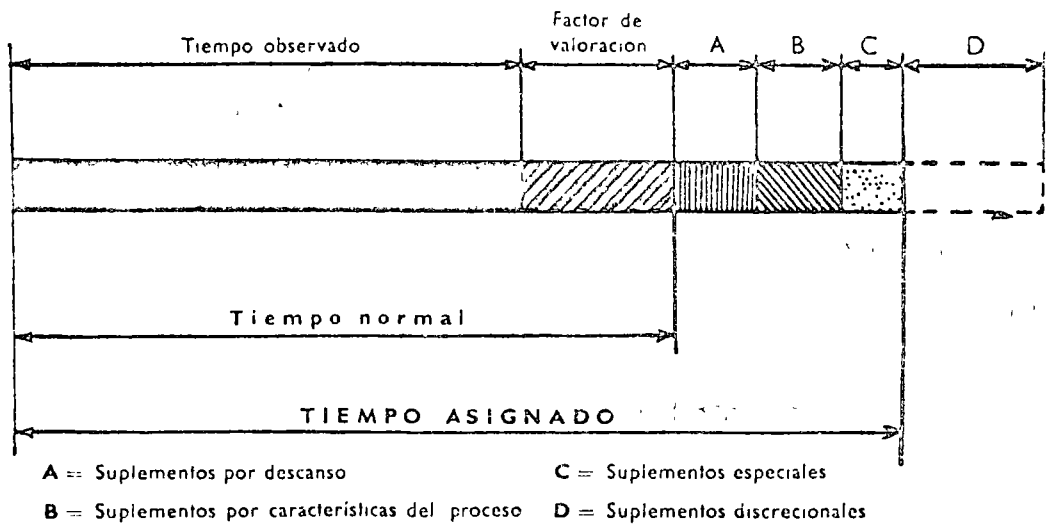
Podemos ahora hacernos una idea completa del tiempo asignado, que ya hemos mencionado en más de una ocasión.

Tiempo asignado para una operación es el que se establece como tiempo tipo de la misma. Está integrado por el tiempo normal total de la operación más todos los suplementos, con excepción del suplemento discrecional.

La ejecución de la operación en un tiempo inferior al asignado representa una economía y su ejecución en un tiempo más largo es una pérdida.

El tiempo asignado puede representarse gráficamente como sigue :

FIGURA 63. — CÓMO SE DESCOMPONE EL TIEMPO ASIGNADO



Cuando el tiempo observado haya sido computado en una cifra inferior al rendimiento normal, el factor de valoración quedará comprendido, naturalmente, dentro del tiempo observado. Si la valoración del tiempo observado es inferior al ritmo normal, el factor de valoración quedará incluido, evidentemente, en el tiempo observado, pero el suplemento por descanso y otros seguirán siendo porcentajes del tiempo normal aunque éste sea inferior al tiempo observado. (Véase la figura 60, *b*.) El tiempo asignado se computa en minutos tipo. (Véase el capítulo 18.)

4. EJEMPLO DE UN ESTUDIO DE TIEMPOS

Al tratar de la realización de un estudio de tiempos en los tres capítulos anteriores tomamos como ejemplo el fresado de una pieza de fundición que se expone en el diagrama de hombre-máquina del capítulo 10. El estudio completo de tiempos queda expuesto en las figuras 64 a 69 inclusive. Si el lector examina

atentamente los formularios que se reproducen en esas figuras podrá hacerse idea de cómo se lleva a cabo un estudio de tiempos. Hemos elegido ese ejemplo por las razones siguientes :

- porque es sencillo ;
- porque ha sido objeto de un estudio de métodos ;
- porque comprende elementos y suplementos dependientes del trabajo manual y del mecánico ;
- porque es un ejemplo típico de lo que sucede en las industrias mecánicas y en otras que utilizan máquinas y procedimientos semiautomáticos.

Las operaciones manuales, como el montaje, se tratan exactamente del mismo modo.

Los formularios que se utilizan son sencillos, para fines generales, y se pueden preparar en una máquina de escribir o en una multicopista del tipo normal. Como generalmente se llenarán los impresos a mano más bien que a máquina, no es necesario espaciar las columnas de la forma más conveniente para la máquina. Esta clase de trabajo de repetición puede registrarse perfectamente en el tipo de formulario de la figura 55, que tiene la ventaja de usar menos hojas, por reunir varias en una.

* * *

En el capítulo siguiente examinaremos los usos de los tiempos tipo. Es de notar que si bien el ejemplo estudiado detalladamente constituye un caso fácil de la industria manufacturera, exactamente el mismo procedimiento se aplica en operaciones de la industria no manufacturera o en cualquier otro trabajo objeto del estudio de tiempos para determinar los tiempos tipo.

*Time standard según L. J. Taylor - El tiempo standard
es el tiempo que requiere el operario
bajo condiciones normales de trabajo, pero sin el
efecto de la fatiga y bajo los efectos de la
fatiga y compensado con sus condiciones personales.*

FIGURA 56. — FORMULARIO PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS DE CICLO BREVE
(Reverso)

FECHA DEL ESTUDIO		HOJA DE ESTUDIO DE TIEMPOS										ESTUDIO Num	
TERMINO												HOJA Num	
COMIENZO												NOMBRE DEL OPERARIO	
TIEMPO, TRANSCURRIDO												Num DE LA FICHA	
1												OBSERVADO POR	
2												APROBADO POR	
3												ELEMENTOS EXTRAÑOS	
4												DESCRIPCIÓN	
5												SIMBOLO	
6												A	
7												B	
8												C	
9												D	
10												E	
11												F	
12												G	
13												H	
14												I	
15												J	
16												K	
17												L	
18												M	
19												N	
20												O	
TOTAL												P	
Num de												Q	
OPC												R	
MZA												S	
MEDICION												T	
en %													
de													
del ciclo													

Problema 4

La compañía Manufacturera Dor-Ben fabrica dispositivos de latón para plomería. De ordinario, vende un número considerable (1,000.000 /año) de cabeza de regadera que resultan de alto costo y poca utilidad. Después de analizar el asunto, la compañía encontró que la mayor parte del costo radicaba en la producción de la cara que se auto-limpia y que es la parte del ensamble de la cabeza de regadera (véase esquema).

Para tratar de llevar a cabo el máximo perfeccionamiento, el analista de métodos decidió levantar un diagrama de proceso de flujo de la fabricación de la placa con una cara que se auto-limpia.

La revisión de la tarjeta de operación dió por resultado la información siguiente:

<u>Operación No.</u>	<u>Descripción</u>	<u>Equipo</u>	<u>Tiempo en Min. Dec.</u>
1	Cortar trozos de metal	Sierra de aire	0.084
2	Forjar	Prensa Maxi Man 3	0.290
3	Punzonar	Prensa Bliss 74 1/2	0.058
4	Limpiar por baño	Tanque de HCL	0.005
5	Perforar 6 agujeros de 27/64"	Prensa Bliss 74 1/2	0.072
6	Rimado burdo y biselado	Taladro Deita 17"	0.370
7	Taladrar 3 agujeros 13/64"	Taladro Avey	0.192
8	Maquinar vástago y cepillarlo	W. & # 3	0.590
9	Maquinar y cepillar diámetro externo	W. & # 3	0.700
10	Troquelar	Prensa Bliss #20E	0.063
11	Brochar 3 agujeros y calibrar diámetro	Prensa Bliss 74 1/2	0.160
12	Inspección inmediata 5%		0.420

Las varillas extruídas se compran y almacenan en el edificio 1, como aparece en la siguiente distribución. Para cortarla, la varilla se tiene que transportar unos 10'. Los trozos de metal son luego transportados 150' a la prensa Maxi Man para ser forjados en

caliente. Las partes burdamente forjadas son movidas 200' hasta una prensa Bliss 74 1/2, donde son desbastadas. Síguese un traslado de 125' hasta los tanques de limpieza. Después de limpiadas, las partes se llevan de nuevo a la línea de prensas para perforar los 6 agujeros-otro movimiento de 125'. De aquí otros 50' a la prensa de taladro para rimar y biselar. Terminada la operación de rimado, se mueven las partes 20' hasta un taladro Avey para taladrar los 3 agujeros de 13/64" de diámetro. A continuación se mueven las partes 75' hasta la sección de tornos revólver donde se maquina el vástago y se refrentan las protuberancias, y otros 10' a otro torno revólver para el maquinado de acabado del extremo y de moldeado del diámetro externo.

Terminado el trabajo del torno revólver, las partes regresan al salón de prensas, lo que significa otros 100' de transporte hasta la prensa Bliss, en donde se troquela la identificación en la parte posterior del forjado ya maquinado. El siguiente paso, consiste en otros 15' de transportación a otra prensa Bliss 74 1/2, en donde se brochán los seis agujeros hasta las dimensiones definitivas. Con esta operación de brochado, termina el ciclo de maquinado.

Las partes son movidas otros 150' hasta el departamento de inspección en donde se hace una verificación inmediata del 5%.

El traslado de partes se hace en cajas de trabajo movidas en carretillas montacargas de dos ruedas. El análisis del costo en esta clase de movimiento de materiales indicó \$.00002 por librapie. Los trozos de metal serrados pesan aproximadamente 1/2 libra y se manejan unas 400 piezas en cada viaje. El promedio del salario base por hora de todas las operaciones directas y de inspección por operario es de \$2.40, (25% adicional de promedio por prestaciones). En todas las operaciones del torno revólver se usan herramientas de carburo con una alimentación de 0.008", para producir los acabados que se desean, 300'/minuto. El taladro se hace a 1,500 rpm, y con una alimentación de 0.0065, rimado a 900 rpm y 0.008" de alimentación, el moldeado de acabado, (herramienta de moldear de 1 a 1 1/2" de ancho), tiene una alimentación de 0.001.

Al inspeccionar el diseño de la parte no se vió la necesidad particular de la escotadura forjada en la cara del lado del brazo (saliente).

El latón pesa 0.30 libras por pulgada cúbica.

Los pedidos de los clientes exigen una programación diaria de 5,000 piezas y la orden produce 1,000,000 de piezas en el período de un año.

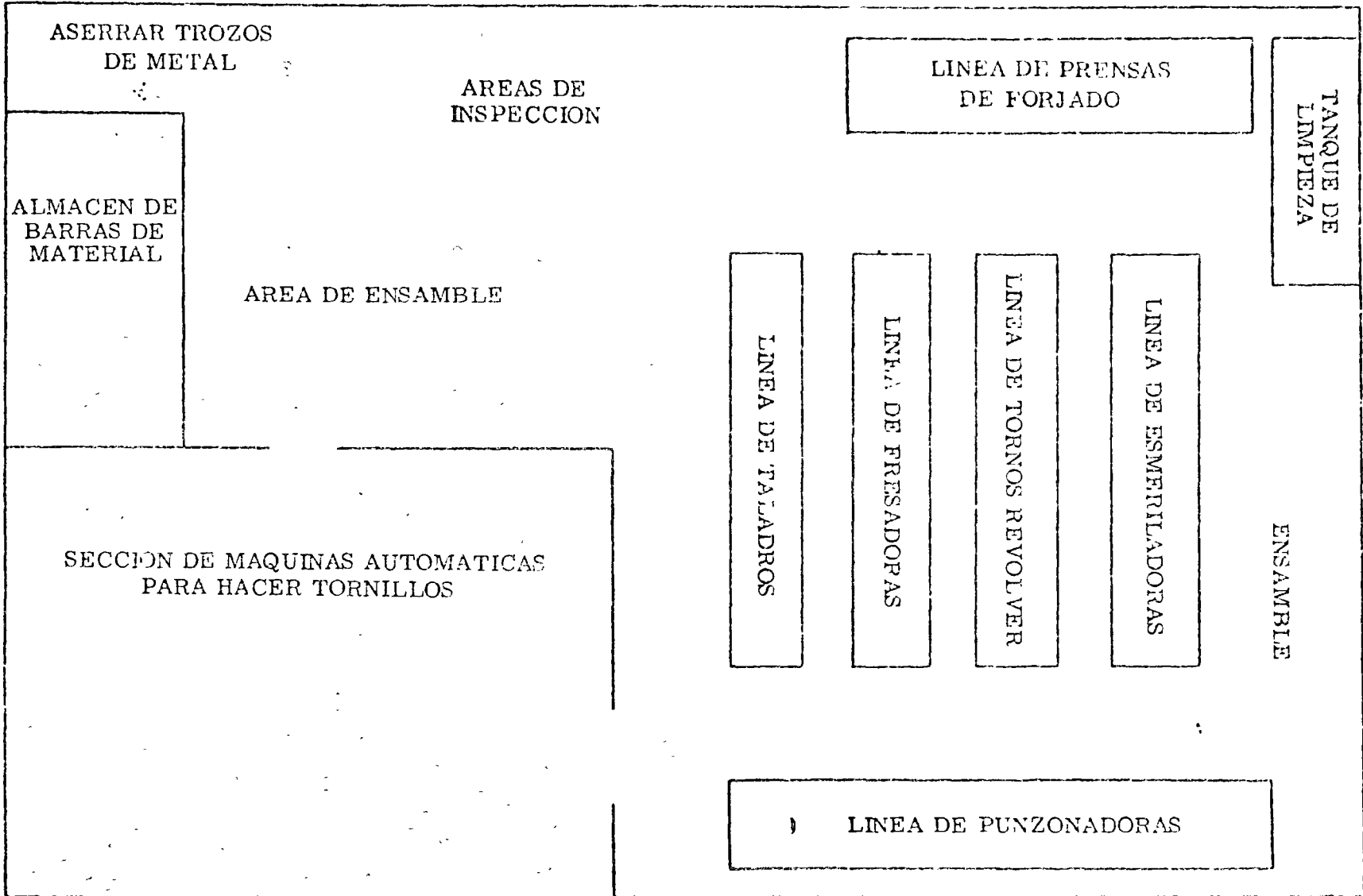
Planeando el departamento de control de producción, el flujo del trabajo sobre esta base, el analista nota el siguiente promedio de retrasos en el proceso de la cara de regadera:

- (1) Espera en sierra de aire 1 hora.
- (2) Espera en prensa Maxi Man 3 3 horas
- (3) Espera en prensa Bliss 74 1/2 para cepillado 2 horas
- (4) Espera en prensa Bliss 74 1/2 para perforado 1 hora
- (5) Espera en taladro Avey 2 horas

- (6) Espera en prensa Bliss # 20B
para brochado 1 hora
- (7) Espera en prensa Bliss 74
1/2 para brochado 2 horas

Los gastos generales de fábrica se calculan en \$0.50 por yarda-cuadrada-hora. Las cajas de trabajo que se usan para mover estas partes ocupan una yarda cuadrada.

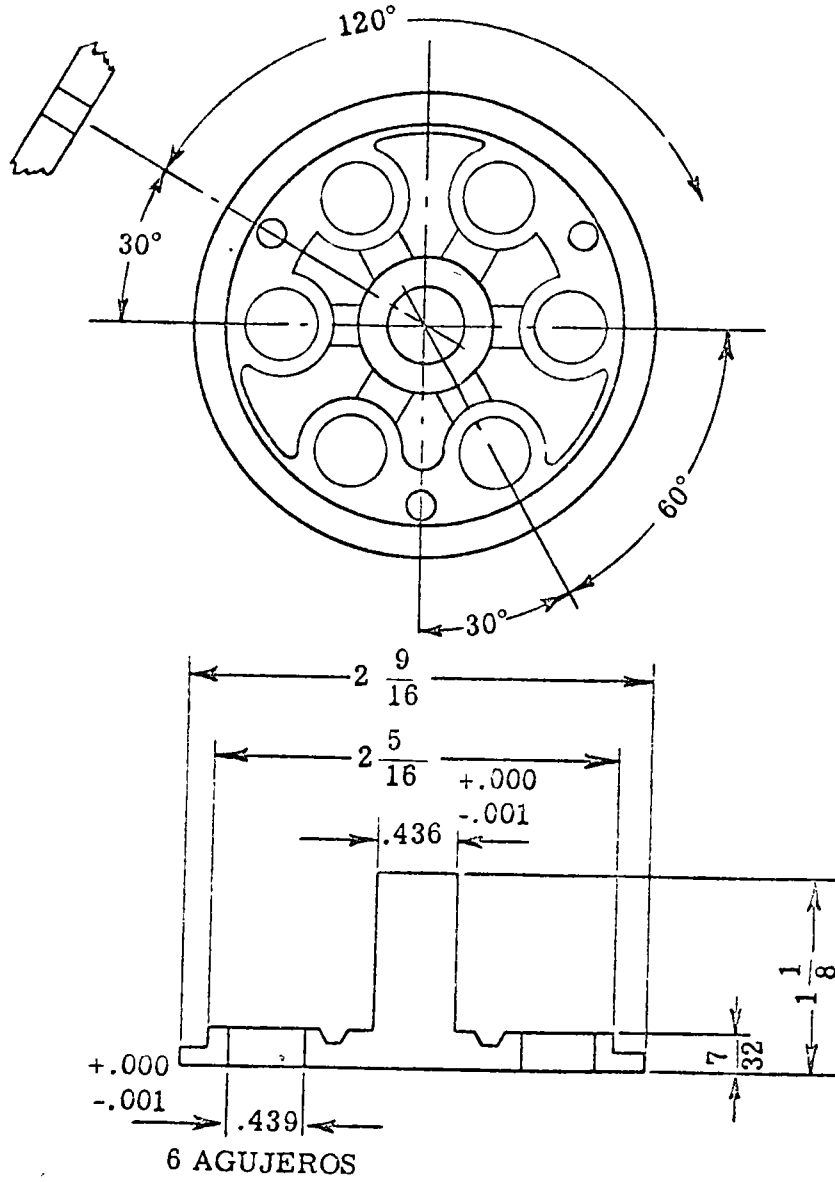
Por medio de un diagrama de proceso de flujo, indique el método presente en detalle. Describa su método propuesto. ¿Cuál es el costo de la mano de obra directa en el presente método, excluyendo el material? ¿Cuánto piensa usted que se ahorrará con su método propuesto? ¿Cuáles serán los ahorros totales? Resuma sus resultados utilizando la Forma D.



EDIFICIO 1

PROBLEMAS DEL PROCESO DE FLUJO

TALADRAR 3
AGUJEROS 13/64



CABEZA DE REGADERA CON CARA QUE SE AUTOLIMPIA

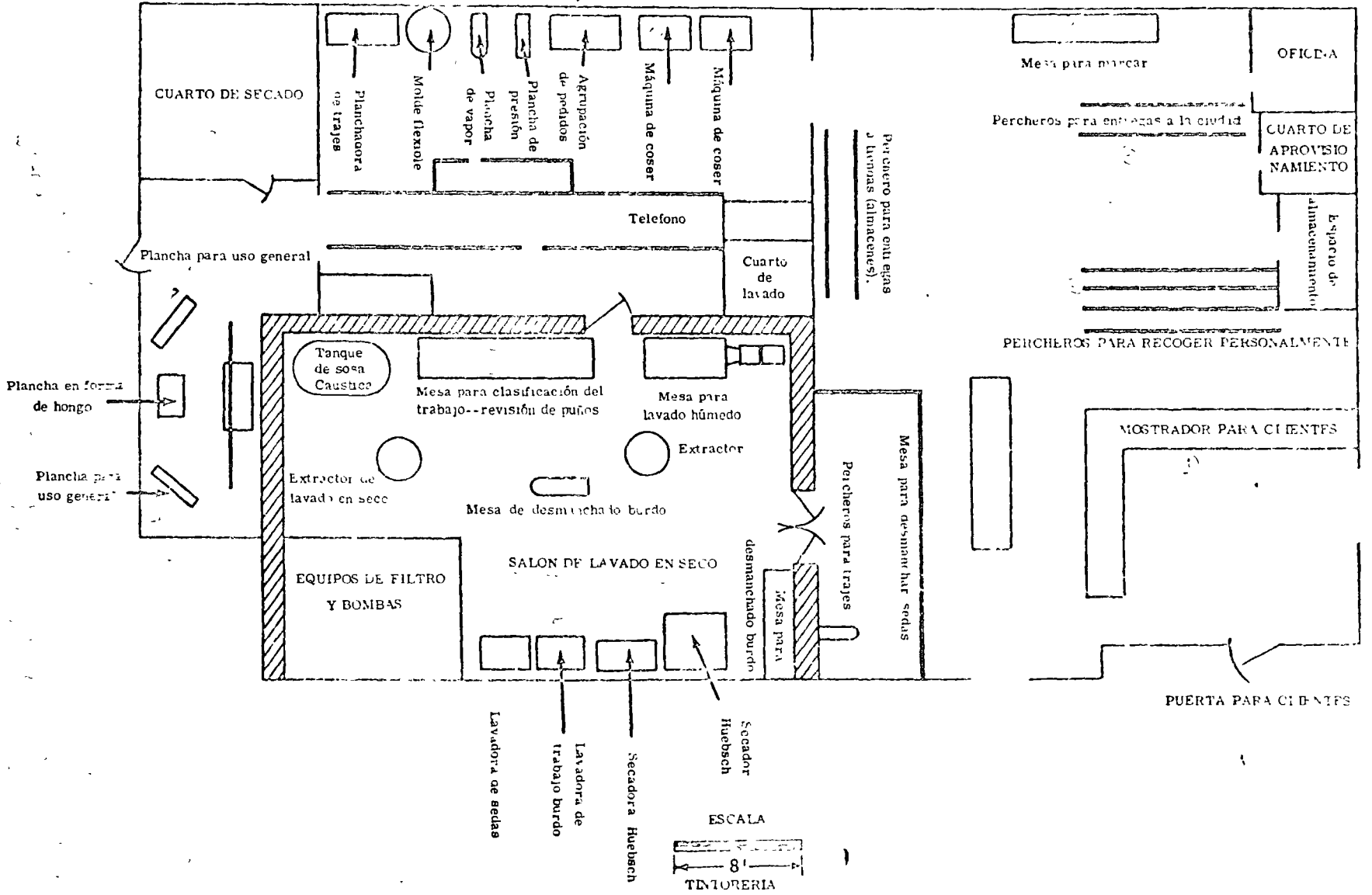
Problema 5

La Tintorería Dor-Ben, ha ido aumentando sus locales en los últimos años, de 500 a 3,000 pies de construcción, sin que nadie pensara un poco en planear un eficiente flujo del trabajo de la planta. Se sabe que, cerca del 80% de la planta se dedica al "trabajo burdo", como trajes de hombre, por lo que se ha decidido reorganizar la distribución sin tener mucho en cuenta el equipo que se usa en otros procesos. A continuación hay una lista de las operaciones y del equipo que se requiere para el "trabajo burdo".

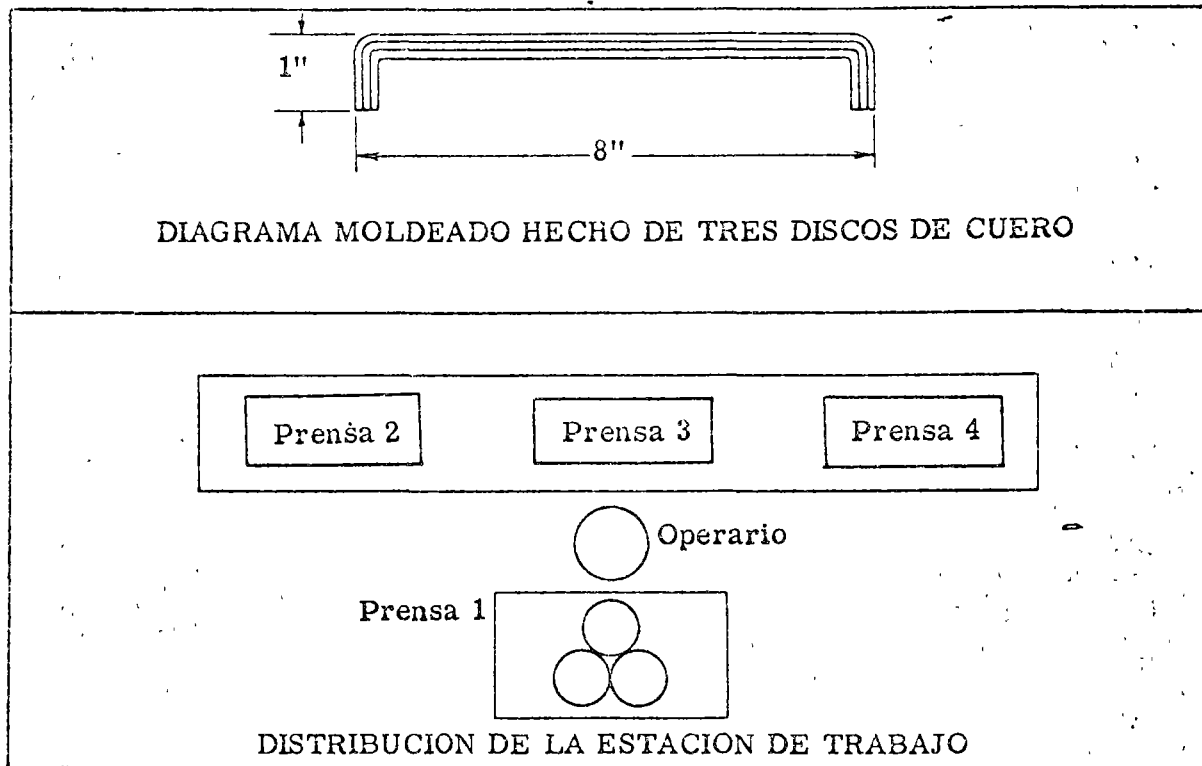
- | | |
|--|---|
| 1. Recibir prendas de vestir | Mostrador o mesa |
| 2. Marcar | Mesa de marcar |
| 3. Clasificar el trabajo | Mesa de clasificación
(en el cuarto de lavado en seco) |
| 4. "Desmanchado burdo", en caso de necesidad | Mesa y tabla para desmanchado burdo |
| 5. Lavar | Lavadora de trabajo burdo |
| 6. Extraer exceso de limpiador | Extractor de lavado en seco |
| 7. Secar | Uno o dos secadores Huebsch ambos necesarios para el volumen de trabajo |
| 8. Planchar | Plancha en forma de hongo |
| 9. Planchar en plano | Planchas para uso general |
| 10. Agrupar las partes correspondientes de los pedidos y hacer reparaciones menores | Mesa para agrupar pedidos
Máquina de coser y percheros |
| 11. Inspección del trabajo | Perchas, (las mismas que se usan para la operación anterior) |
| 12. Colocarlo en los percheros para entrega en la ciudad, recoger personalmente, o entregar a los almacenes. | Percheros |

* Estas operaciones tienen que ejecutarse en una parte del edificio separada del resto por una pared a prueba de fuego

Usando la información y la distribución de equipo ya explicada, elabore el diagrama de proceso de flujo del proceso de lavado burdo en seco, tal como se ha establecido, esquematice una distribución de equipo mejorada y dibuje el diagrama de proceso de flujo mejorado resultante. Use la forma "E".



Problema 19



En la línea de ensamble de medidores para gas de la Compañía Dor-Ben, se moldean diafragmas de cuero según el esquema, en prensas calentadas por electricidad. Un operario atiende cuatro prensas, una de las cuales es una prensa de tres troqueles (moldea tres diafragmas en cada ciclo); las otras tres prensas son de un solo troquel.

Se hizo un estudio de tiempos en el que se establecieron los siguientes tiempos elementales en minutos decimales:

- | | | |
|---|-------|----------|
| 1. Ensamble 9 discos en pilas de tres para prensa #1 | _____ | 0.53 min |
| 2. Descargar y cargar prensa #2 | _____ | 0.10 min |
| 3. Descargar y cargar prensa #3 | _____ | 0.10 min |
| 4. Descargar y cargar prensa #4 | _____ | 0.10 min |
| 5. Ensamblar tres discos para prensa #4 | _____ | 0.19 min |
| 6. Ensamblar tres discos para prensa #3 | _____ | 0.19 min |
| 7. Ensamblar tres discos para prensa #2 | _____ | 0.19 min |
| 8. Descargar prensa #1 y cargar | _____ | 0.45 min |
| 9. Caminar a prensa #2 o #4 de la prensa #1 o viceversa | _____ | 0.02 min |

Las prensas de un solo troquel tienen que estar cerradas 2.5 minutos a 200°F, y la prensa de tres troqueles debe estar cerrada dos minutos para moldear correctamente el cuero. Las prensas se levantan automáticamente al fin del ciclo.

Están a disposición otras prensas de un solo troquel. Por medio de un diagrama de hombre-máquina muestre el máximo de producción que podría esperarse bajo la más económica de las distribuciones. Expresar el máximo de producción en horas por cien piezas. El costo del tiempo muerto de las prensas de un solo troquel, se ha calculado en 0.50 por hora y el tiempo de operación en 0.60 por hora. La prensa de tres troqueles tiene una tarifa de costo de \$1.00 por hora mientras está ociosa, y \$1.25 por hora mientras trabaja. El salario base del operario es de \$2.40 por hora.

Use una forma "C".

Problema 20

En la fábrica de Papel Dor-Ben, la pulpa de madera y el sellador de poros corren al "Fourdrinier" que consiste en una rejilla continua de bronce de 144" de ancho por 75' de longitud. Se drena el agua sobre mesas de rodillos por vibración al final de la máquina, dejando un entrecruzamiento de fibras y de material sellador que forman una hoja de papel del ancho de la rejilla.

La hoja de papel corre a continuación entre pesadas prensas de rodillos y un fieltro de lana (cobija) que quita la mayor parte de la humedad. El papel, continúa sobre rodillos de acero calentados al vapor. La hoja de papel permanece en contacto con estos rodillos durante su recorrido por medio de fieltros secadores de asbestos de algodón.

Viene luego la aplicación de una capa (almidón, barro y agua) en el revestidor por medio de un proceso modificado de impresión con una prensa de rotograbado. El 15% del peso aproximado de la hoja se le aplica aquí a cada lado. A continuación, se seca más el papel en secadores adicionales.

El papel pasa luego sobre una serie de rodillos de acero conocidos con el nombre de "calendario" que aplican a la hoja un acabado brillante y suave. De aquí se lleva a una cortadora en donde se corta la hoja en el ancho requerido antes de ser enrollado, según las especificaciones del cliente.

El proceso que acaba de describirse es continuo, y el papel sale a aproximadamente 500' por minuto. La preparación tiene un costo de máquina de \$24.00 por hora. Cinco operarios se ocupan continuamente en esta sección y su función principal, mientras se procesa el papel, es la de mantenimiento. Sin embargo, cuatro veces en cada turno (8 horas), es necesario que los hombres ajusten las cuchillas de la cortadora, para cumplir con los requerimientos específicos del cliente. Los cinco operarios son capaces de ejecutar la revisión del ajuste de las cuchillas en quince minutos. El estudio de tiempos de los elementos del trabajo dió por resultado los siguientes estándares:

Operario 1

<u>Elemento</u>	<u>Descripción del Trabajo</u>	<u>Tiempo Estándar</u>
1	Detener máquina y remover exceso de papel	5.00 min
2	Colocar el fin del papel en un nuevo mandril enrollador y arrancar máquina	2.00 min

Operario 2

1	Quitar los rollos completos de la enrolladora a un monoriel superior	3.00 min
2	Colocar nuevo mandril enrollador	1.00 min

Operario 3

# 1	Ayudar operario #2 a quitar rollos completos del enrollador al monoriel superior	3.00 min
# 2	Ayudar al operario #2 a colocar el nuevo mandril enrollador	1.00 min

Operario 4

# 1	Levantar la barra de la cortadora y ajustar cuchillas	12.00 min
# 2	Ayudar al operario #1 a colocar el extremo del papel en el nuevo mandril enrollador	2.00 min

Operario 5

# 1	Ayudar al operario #4 a levantar la barra de la cortadora y ajustar cuchillas	12.00 min
# 2	Ayudar operario #1 a colocar el fin del papel en el nuevo mandril enrollador	2.00 min

El operario #1 no puede comenzar el elemento 2 hasta que los operarios #4 y #5 acaban de ajustar las cuchillas del mandril cortador.

Los operarios #2 y #3 no pueden ejecutar su primer elemento hasta que el operario #1 haya completado un minuto de trabajo en su primer elemento. De la misma manera, los operarios #4 y #5 se retrasan en la ejecución de su primer elemento hasta que el operario 1 haya completado un minuto de trabajo en su primer elemento.

Los operarios reciben un salario base de \$2.40 por hora. Los rollos de papel al salir de la enrolladora, tienen un promedio de 36" de diámetro y una longitud total de aproximadamente 2,500 pies de papel.

De vez en cuando se procesan pedidos especiales de menor ancho tomando un rollo estándar (de 3' de largo) y cortándolo al ancho en una sierra eléctrica de banda. Se reciben pedidos de rollos de una longitud entre 18 y 72 pulgadas. Sin embargo, el tamaño promedio es de 3' de largo. Cuando se usa la sierra de banda, el trabajo lo ejecutan dos operarios del departamento de embarque. Estos funcionan como sigue:

Operario 1

<u>Elemento</u>	<u>Descripción del Trabajo</u>	<u>Tiempo Estándar</u>
#1	Llevar rollo y ponerlo en posición contra tope	0.25 min
#2	Aserrar rollo (4,000 ^r /min)12" de alim/min	1.50 min

Operario 2

#1	Quitar rollo cortado a plataforma	0.50 min
----	-----------------------------------	----------

Por medio del diagrama de proceso de grupo muestre el método actual y el propuesto. Calcule los ahorros anuales de su método revisado basándose en 250 días de trabajo por año.

Use una forma "C".

Problema 21

Recientemente, la Compañía Dor-Ben tuvo necesidad de mejorar el ensamblaje de sus bujías J-4 (véase esquema), que se usan para tractores de jardín. Para lograr los mayores ahorros posibles, el ingeniero industrial a quien se había encargado el trabajo decidió elaborar un Diagrama de Proceso del Operador del método actual a fin de analizarlo.

El método actual de ensamblaje es manual, con el operario sentado y usando sólo las cajas de trabajo como equipo. También tiene una caja para las partes terminadas.

En este método se pierde la mayor parte del tiempo debido al uso asimétrico de las manos. Una mano, o sostiene una parte o permanece ociosa durante una gran parte del ciclo. También se pierde tiempo colocando en su sitio la tapa hexagonal, porque con frecuencia está de lado o hacia abajo y hay que enderezarla antes de que pueda insertarse el núcleo.

También se pierde tiempo en quitar la caja de trabajo una vez que se ha llenado. Si el operario no se detiene para quitarla él mismo, tiene que dejar de trabajar mientras el ayudante quita la caja.

La producción calculada es de 500 bujías por día; 250 días de operación por año.

Muestre en el Diagrama el Proceso de Operador los elementos de la mano derecha y mano izquierda.

Después de analizar el método actual, el analista desarrolla un nuevo método. (Véase esquema del dispositivo).

El método nuevo comprende una plantilla eléctrica, ensamblando dos bujías al mismo tiempo. La plantilla está hecha de dos cilindros de madera con agujeros taladrados, uno un poco más grande en diámetro que la rosca de la bujía y el otro abocardado como 1/8 de pulgada respecto al tamaño de hexágono. Estos cilindros están sujetos por abajo a ejes de acero, que a su vez están atornillados a discos de acero movidos por un motor. El motor se controla por medio de un pedal.

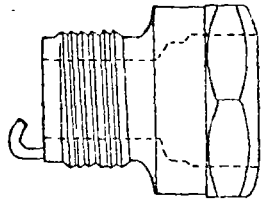
Las bujías terminadas se dejan caer a través de un orificio que está en línea directa con la caja de trabajo que contiene el fondo de la bujía, para que no se pierda tiempo en comenzar el siguiente ciclo.

El conducto está hecho de lona para evitar que al caer las bujías el punto o núcleo se dañe.

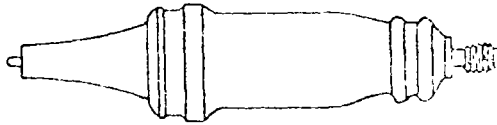
El dispositivo hace posible el uso simétrico de las manos, reduciendo así el tiempo muerto. No hay retraso al remover las partes acabadas, ya que la caja de trabajo puede quitarse del lado y otra resbala en su lugar sin estorbar al operario.

El aumento en productividad se estima en 65%.

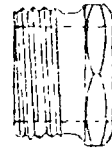
Elabore un Diagrama del Proceso de Operador del nuevo método, e indique los ahorros sobre el método antiguo, suponiendo que el requerimiento anual de producción es de 125,000 bujías.



1



2

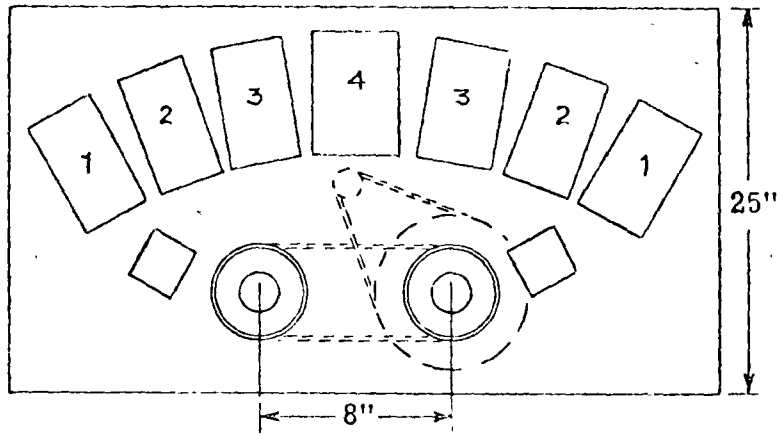


3

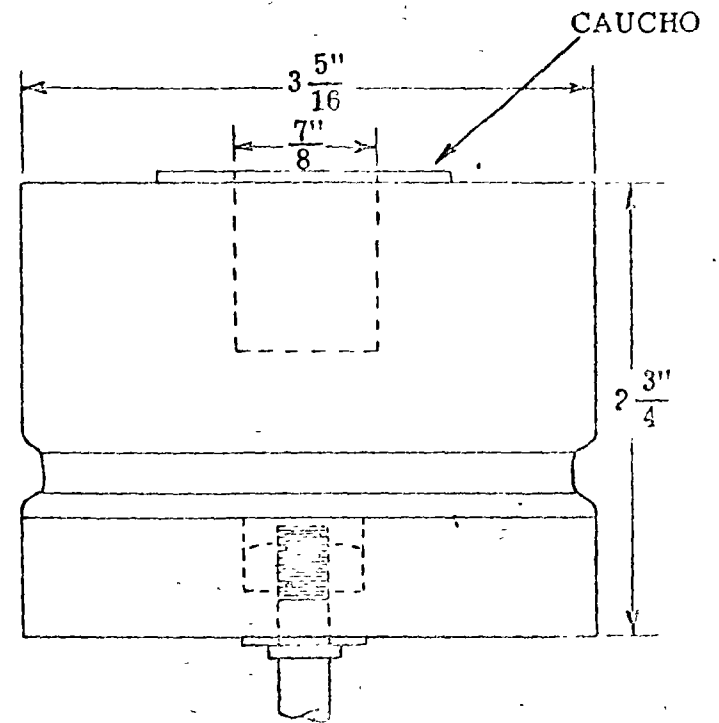
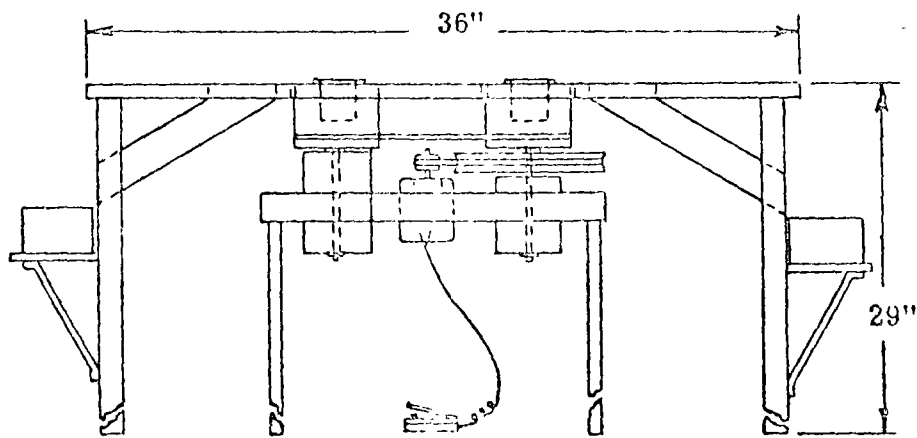
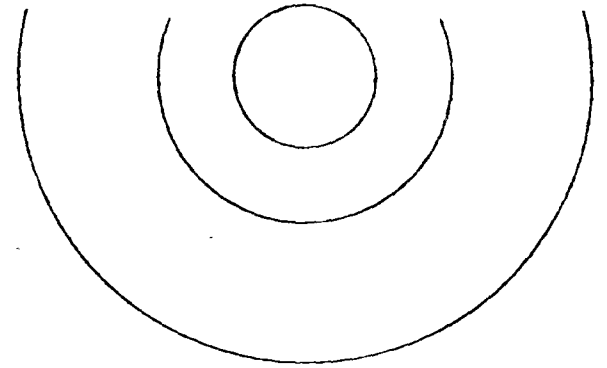


4

ENSAMBLE DE LA BUJIA



COLOCACION DE LA PLANTILLA



SOSTENEDOR DE LA BUJIA, TAMAÑO REAL

FECHA DE ELABORACION: _____ DIAGRAMA DE TIPO DE OPERADOR: _____ HOJA No. _____ DE _____

DESCRIPCION DE OPERACION	RESUMEN	METODO ACTUAL	METODO PROPUUESTO	DIFERENCIA
OPERACION DIAGRAMADA	NO OPERACIONES			
	NO TRANSPORTES			
	NO ALMACENAMIENTOS			
	NO INSPECCIONES			
	TOTAL DE TALLES			
	TOTAL DISTANCIA			
	TOTAL TIEMPO			

PLANTA: _____ DE PARTAMENTO: _____

DIAGRAMA NO POR: _____

DIBUJO NO.: _____ PARTE NO.: _____

MAQUINA TIPO: _____ NO: _____ COSTO MANO DE OBRA: _____

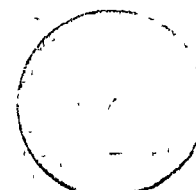
COSTO DE INSTALACION: _____ COSTO MATERIAL: _____

DESCRIPCION DE OPERACION <input type="checkbox"/> METODO ACTUAL <input type="checkbox"/> MANO IZQUIERDA <input type="checkbox"/> HOMBRE	OPERACION <input type="checkbox"/> TRANSPORTES <input type="checkbox"/> ALMACENAMIENTO <input type="checkbox"/> INSPECCION	DISTANCIA	TIEMPO ESCALA LECTURAS TIEMPO	TIEMPO	DISTANCIA	OPERACION <input type="checkbox"/> TRANSPORTES <input type="checkbox"/> ALMACENAMIENTO <input type="checkbox"/> INSPECCION	DESCRIPCION DE METODO PROPUUESTO		
							<input type="checkbox"/> MANO DERECHA	<input type="checkbox"/> MAQUINA <input type="checkbox"/> POSIBLE MEJORAMIENTO	
1									1
2									2
3									3
4									4
5									5
6									6
7									7
8									8
9									9
10									10
11									11
12									12
13									13
14									14
15									15
16									16
17									17
18									18
19									19
20									20
21									21
22									22
23									23
24									24
25									25
26									26
27									27
28									28
29									29
30									30
31									31
32									32
33									33
34									34
35									35
36									36
37									37





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



INGENIERIA DE METODOS Y PLANEACION DE PLANTAS
INDUSTRIALES

C O N F E R E N C I A

Ing. Gabriel Nabliesky D.

CAPITULO 18

Datos Estándar

LOS DATOS ESTÁNDAR SON, EN SU mayor parte, tiempos elementales estándar tomados de estudios de tiempos que han probado ser satisfactorios. Estos estándares elementales están clasificados y archivados de modo que, cuando se necesiten, puedan ser fácilmente encontrados. Del mismo modo que el ama de casa consulta su libro de cocina para determinar cuántos minutos debe batir la mantequilla y el azúcar y para determinar el tiempo requerido para hornear el pastel, el analista consulta sus datos estándar para determinar qué tanto tiempo debe tomar el operador normal para levantar una fundición pequeña y colocarla en la plantilla, cerrar la plantilla y asegurar la parte con una llave rápida, avanzar el eje del taladro y efectuar el resto de los elementos requeridos para producir la parte.

La aplicación de los datos del tiempo estándar es, fundamentalmente, una extensión de la misma clase de proceso que se emplea para llegar a los tiempos asignados, por medio del estudio de los tiempos, a base de cronómetros. La principal aplicación de los datos estándar no es cosa nueva; hace muchos años Frederick W. Taylor propuso que cada tiempo elemental establecido se archivara convenientemente, a fin de que pudiera ser fácilmente localizado y utilizado en el establecimiento de tiempos estándar, para futuros trabajos. Cuando hablamos de datos estándar, nos referimos a todos los elementos estándar tabulados, nomogramas, y tablas que se han recopilado para ayudar en la medición de un trabajo específico, sin necesidad de algún dispositivo de medición de tiempo, tales como cronómetros.

Los estándares de trabajo calculados por medio de datos estándar serán relativamente consistentes, porque los elementos tabulados que comprenden los datos, son el resultado de muchos estudios bien probados, a base de cronómetros. Ya que los valores están tabulados, sólo es necesario reunir los elementos requeridos para establecer un estándar, los analistas de tiempos dentro de una compañía llegarán a estándares idénticos, para un método determinado. De este modo se asegura la consistencia de los estándares establecidos por los diferentes analistas de una planta, así como para los diversos estándares calculados por un analista de tiempos determinado.

Generalmente, pueden calcularse, con más rapidez, los estándares para trabajos nuevos, por medio de datos estándar, que por medio de un estudio

a base de cronómetros. La rapidez con que se establecen los estándares por medio de datos estándar, permite el establecimiento de estándares para operaciones de mano de obra indirecta que resultan poco prácticas, si se hacen por métodos de cronómetro. La aplicación de datos estándar permite el establecimiento de tiempos estándar para una amplia gama de trabajos. La Tabla XVII ilustra lo que se puede cubrir, cuando se determinan los elementos de datos estándar.

TABLA XVII

Operación	Número de Estudios de Tiempo para Obtener Datos Estándar	Número de Estándares Establecidos en un Año por medio de los Datos Estándar Obtenidos	Porcentaje de Estándares Establecidos que Serán Cubiertos por Estudios de Cronómetro
Fabricación de Corazones . . .	60	7,500	0.8
Esmeriladora desbarradora . . .	40	656	6.1
Inspección visual	53	422	12.6
Operación con Torno revolver	100	600	16.7

Fuente: Phil Carroll, Jr., "Notas Sobre Datos Estándar Elementales", *Modern Machine Shop*, abril de 1920, pág. 176

Desarrollo de los Datos de los Tiempos Estándar

En el desarrollo de los datos de los tiempos estándar es preciso distinguir los elementos constantes de los variables. Un elemento constante es aquel en el que el tiempo asignado permanece, aproximadamente, el mismo, para cualquier parte, dentro de un rango específico. El elemento variable es en el que el tiempo asignado varía dentro de un rango específico de trabajo. De este modo, el elemento "arrancar la máquina" será un elemento constante y el elemento "taladrar un agujero de 3/8 de pulgada de diámetro" variará según la profundidad del agujero, la alimentación y la velocidad del taladro.

Según se desarrollan los datos estándar, hay que archivarlos bajo un índice. Los elementos de preparación deben tenerse separados de los elementos incorporados en el tiempo de cada pieza, y los elementos constantes deben, naturalmente, conservarse separados de los variables. Los datos estándar típicos deberán tabularse como sigue:

1. Máquina u operación.
 - A. Preparación.
 1. Constantes.
 2. Variables.
 - B. Cada pieza.
 1. Constantes.
 2. Variables.

Los datos estándar son recopilados de diversos elementos ocurridos durante los estudios de tiempos tomados para un proceso dado, durante un período de tiempo. Sólo se emplean los estudios que han resultado ser

MAQUINA MOLDEADORA

MAQ. No. _____ OPERADOR _____ FECHA _____
 PIEZA No. _____ & TIPO _____
 No DE PIEZAS METODO DE COLOCACION TOTAL PESO TOTAL
 DE _____ CHAR DE TRANSP _____ PIEZAS DE CHAROLA _____ PIEZAS, GARGANTA Y _____
 No PIEZAS METAL FUNDIDO _____ MOLDE
 _____ POR INYECCION _____ METAL PLASTICO _____ ENRIAM. _____ LIMP DRENAJE _____
 CAPACIDAD EN LBS. DESCRIBA
 CRISOL _____ ENGRASE _____

DESCRIBA
 AFLOJADO DE LA PIEZA _____

DESCRIBA
 SITIO _____

ELEMENTOS	TIEMPO	PUNTOS FINALES
Poner metal en el crisol	_____	Todo es tiempo de espera mientras se echa el metal en el crisol.
Enfriar metal	_____	Desde el momento en que el operador comienza a agregar metal frío al metal fundido hasta que el operador pare de agregar metal frío.
Quitar escoria	_____	Desde el momento en que el operador comienza a quitar escoria hasta que toda haya sido removida.
Llenar probeta de metal	_____	Desde el momento en que baja la probeta hacia el metal hasta que la probeta llega al borde del crisol o comienza a girar para el vaciado.
Vaciar metal	_____	Desde el momento en que la probeta se gira para vaciarla hasta que llega al borde de la máquina.
Vaciar probeta dentro de la máquina	_____	Desde que la probeta llena de metal llega a la máquina hasta que el pié comienza a bajar la prensa.
Accionar prensa	_____	Desde que el pié comienza a moverse hacia el pedal hasta que la prensa comienza a descender.
Tiempo de prensado	_____	Rotación completa de la prensa.
Sostener el émbolo abajo	_____	Desde que el émbolo detiene su movimiento descendente hasta que comienza a ascender.
Presionar botón y levantar lingote	_____	Desde el momento en que el émbolo deja de moverse hasta que el lingote es levantado de su cavidad.
Remover lingote, separar agarradera del lingote	_____	Desde que se levanta al lingote de su cavidad hasta que es empujado en la charola de transporte.
Presionar pedal para abrir moldes	_____	Desde que comienza a moverse el pié hacia el pedal hasta que el molde comienza a abrirse.
Esperar para que se abra el molde	_____	Desde el momento en que el molde comienza a abrirse hasta que se deje de mover.
Remover pieza del molde	_____	Desde el momento en que el molde deja de moverse hasta que la pieza haya salido de la cavidad.
Colocar pieza en charola de transporte	_____	Desde el momento en que la pieza queda libre de la cavidad del molde hasta que es colocada en la charola de transporte.

FIG. 18-1.

válidos a través de su utilización. El analista debe tener cuidado, en la tabulación de los datos estándar, de determinar claramente los puntos terminales. De otro modo, podría haber una duplicación del tiempo en los datos registrados. Por ejemplo, en el elemento "empujar barra hasta el tope" efectuado en la barra de avance de un torno revólver Warner & Swasey, número 3, el elemento puede incluir el alcanzar la palanca de avance, tomar la palanca, empujar la barra a través del collar hasta el tope en la torreta hexagonal, cerrar el collar y alcanzar la manivela de la torreta. Sin embargo, este elemento puede involucrar sólo, el empujar la barra a través del collar hasta el tope. Ya que los elementos de los datos estándar se recopilan de un gran número de estudios tomados por diferentes analistas, debe tenerse el mayor cuidado en definir los límites o puntos terminales de cada elemento. La Figura 18-1 ilustra una forma empleada para resumir los datos tomados de un estudio individual de tiempos, con el fin de desarrollar datos estándar de máquinas troqueladoras.

A fin de llenar una necesidad específica, en la tabulación de los datos estándar, el analista puede recurrir a la medición del trabajo del elemento particular de que trata. Esto puede llevarse a cabo, con suficiente exactitud, usando el reloj "rápido" (véase Capítulo 13), que registra los tiempos en .001 de minuto. En este tipo de análisis, el método de lecturas repetitivas se utiliza para anotar el tiempo elemental transcurrido, dado que, generalmente, sólo nos interesa determinar el tiempo asignado a unos pocos de los elementos comprendidos en el estudio. Después de terminadas las observaciones, los tiempos elementales transcurridos se suman, para determinar el tiempo medio, como en todo caso típico de los estudios de tiempos. A continuación, se califican los valores medios y se añade una tolerancia, para llegar a los tiempos reales asignados.

Algunas veces, a causa de la brevedad de los elementos individuales, resultará imposible medir separadamente su duración. Es posible determinar sus valores individuales, tomando el tiempo por grupos y utilizando ecuaciones simultáneas para resolver los elementos individuales.

Por ejemplo, el elemento *a* puede ser "levantar una fundición pequeña", el elemento *b* podría ser "colocarlo en la plantilla", *c* "cerrar cubo de la plantilla", *d* "poner la plantilla en posición", *e* "avanzar el eje", y así sucesivamente. Podría tomarse el tiempo de estos elementos, en grupos, como sigue:

1. $a + b + c = a$ elemento No. 1, = a .070 min. = *A*
2. $b + c + d = a$ elemento No. 3, = a .067 min. = *B*
3. $c + d + e = a$ elemento No. 5, = a .073 min. = *C*
4. $d + e + a = a$ elemento No. 2, = a .061 min. = *D*
5. $e + a + b = a$ elemento No. 4, = a .068 min. = *E*.

usando estas cinco ecuaciones:

$$3a + 3b + 3c + 3d + 3e = A + B + C + D + E.$$



Este tipo de información se encuentra en diversos manuales técnicos, y puede obtenerse, fácilmente, de los fabricantes de las herramientas de corte.

Trabajos de Taladros

Un taladro, de acuerdo con el *Manual de Herramientas para Ingenieros*, es, "una herramienta estriada con extremos punzo-cortantes, para hacer o ensanchar un agujero, en material sólido". En las operaciones de taladros sobre superficies planas, el eje del taladro está a 90 grados de la superficie que se taladra. Cuando se taladra un agujero atravesando una parte, la punta de la broca debe añadirse a la profundidad del agujero, para determinar la distancia completa que el taladro debe recorrer para hacer el agujero. Cuando se taladra un agujero ciego, el analista no debe añadir la punta de la broca a la profundidad del agujero, porque la distancia que hay de la superficie que se taladra a la penetración más profunda del taladro, es la distancia que el taladro debe recorrer para hacer el agujero de la profundidad requerida (vease Figura 18-2).

Siendo el estándar comercial, para el ángulo de los puntos de las brocas, 118 grados, la punta de la broca puede calcularse, fácilmente, por medio de la expresión:

$$l = \frac{r}{\tan A}$$

en donde:

- l = Punta de la broca.
- r = Radio de la broca
- $\tan A$ = Tangente de la mitad del ángulo de la broca.

Como ilustración, calculemos la punta de una broca de uso general, de una pulgada de diámetro:

$$l = \frac{.5}{\tan 59^\circ}$$

$$l = \frac{.5}{1.6643}$$

$$l = .3 \text{ pulgadas de punta.}$$

Una vez que se ha determinado la distancia total que debe atravesar la broca, se divide la alimentación del taladro en pulgadas por minuto, entre esta distancia, con el fin de determinar, en minutos, el tiempo de corte del taladro.

La velocidad del taladro se expresa, generalmente, en términos de pies por minuto, y la alimentación se expresa en milésimos de pulgada por revolución. Para cambiar la alimentación a pulgadas por minuto, cuando se

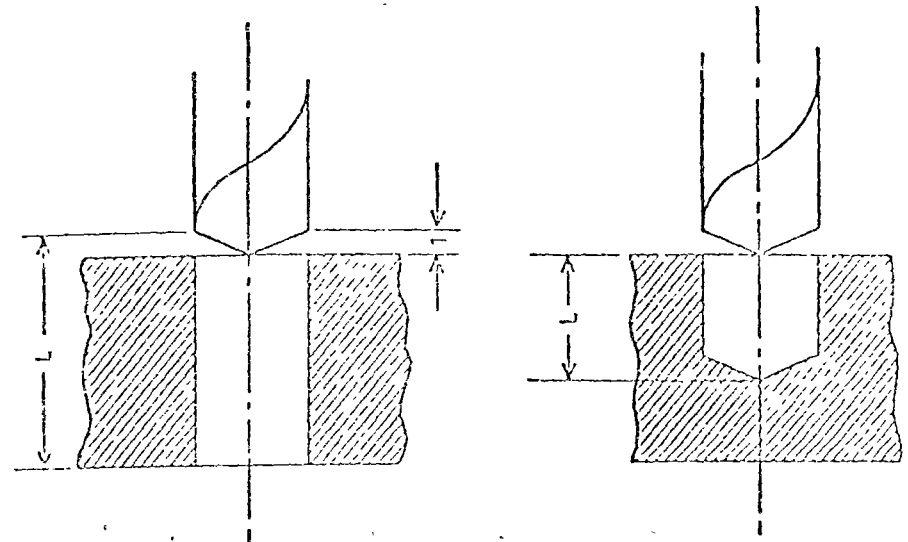


Fig. 18-2 La distancia l indica la distancia que tiene que avanzar la broca para taladrar atravesando (ilustración de la izquierda) y cuando se taladran agujeros ciegos (ilustración de la derecha). La punta de la broca aparece como la distancia l .

conoce la alimentación por revolución, y la velocidad en pies por minuto, el estudiante debe sustituir en la siguiente ecuación:

$$F_m = \frac{3.82 (f) (S_t)}{d}$$

en donde:

- F_m = Alimentación en pulgadas por minuto
- f = Alimentación en pulgadas por revolución
- S_t = Velocidad periférica en pies por minuto
- d = Diámetro de la broca en pulgadas

Por ejemplo, para determinar la alimentación en pulgadas por minuto de una broca, de una pulgada de diámetro, trabajando a una velocidad periférica de 100 pies por minuto, y una alimentación de .013 pulgadas por revolución, tendríamos:

$$F_m = \frac{(3.82)(.013)(100)}{1} = 4.97 \text{ pulgadas por minuto}$$

Si quisiéramos determinar cuánto tardaría esta broca de una pulgada, trabajando a la velocidad y alimentación establecidos, a través de dos pulgadas de una fundición de hierro maleable, tendríamos que sustituir en la ecuación:

$$T = \frac{L}{F_m}$$

en donde:

- T = Tiempo de corte en minutos
 L = Longitud total que el taladro tiene que moverse
 F_m = Alimentación en pulgadas por minuto

entonces tendríamos:

$$T = \frac{2 \text{ (espesor de la fundición)} + .3 \text{ (punta de la broca)}}{4.97}$$

$$= .464 \text{ minutos, tiempo de corte.}$$

El tiempo de corte así calculado, no incluye ninguna tolerancia que, naturalmente, debe añadirse, para determinar el tiempo asignado. La tolerancia debe incluir, tiempo por variaciones en el espesor del material y tolerancia en la colocación de los topes, ya que, ambos, hasta cierto punto, afectan el tiempo del ciclo de corte. También deben añadirse, tolerancias por retrasos personales y por retrasos inevitables, para poder llegar a un tiempo equitativo elemental asignado.

Debe recordarse, que la máquina no puede operar a todas las velocidades posibles. Por ejemplo, la velocidad recomendada para un trabajo dado, podría ser 1,550 R.P.M.; sin embargo, la mayor velocidad a que puede trabajar la máquina puede ser de 1,200 R.P.M. En este caso, se emplearán 1,200 R.P.M. y serán la base para el cálculo de los tiempos asignados.

Trabajo en Tornos

Muchas son las variantes de las máquinas herramientas que pueden clasificarse en el grupo de los tornos. Estos podrían incluir el torno mecánico, torno revólver, torno automático (máquina automática para hacer tornillos), y otros. En todos estos casos, la máquina se utiliza, primeramente, con herramientas estacionarias, o herramientas que se trasladan en la superficie, para remover material de la pieza que se trabaja, la cual es giratoria, y que pueden ser en forma de forjas, fundiciones o barras. En algunos casos, la herramienta gira mientras el trabajo permanece estacionario, como en algunas estaciones de trabajo de las máquinas automáticas para hacer tornillo. De esta manera, en una máquina automática para hacer tornillos, puede maquinarse una ranura en la cabeza de un tornillo, con el dispositivo para ranurar.

Diversos factores pueden alterar las velocidades y las alimentaciones, tales como: la condición y el diseño de la máquina herramienta, tipo del

material que se corta, condición y diseño de la herramienta de corte, refrigerante utilizado para el corte, método para sujetar la pieza que se trabaja y método para montar la herramienta de corte. La Tabla XIX describe, en forma aproximada, los cortes, las alimentaciones y las velocidades para ciertos torneados metálicos y no metálicos.

Como en el trabajo de taladro, las alimentaciones se expresan, generalmente, en términos de milésimas de pulgada por revolución, y las velocidades periféricas en términos de pies por minuto.

Para determinar el tiempo de corte para L pulgadas de corte, es necesario, únicamente, dividir la longitud del corte, en pulgadas, entre la alimentación, en pulgadas por minuto, o, expresado algebraicamente:

$$T = \frac{L}{F_m}$$

en donde:

- T = Tiempo de corte en minutos
 L = Longitud total del corte
 F_m = Alimentación en pulgadas por minuto

$$F_m = \frac{3.82 (S_t) (f)}{d}$$

en donde:

- f = Alimentación en pulgadas por revolución
 S_t = Velocidad periférica en pies por minuto
 d = Diámetro de la pieza que se trabaja en pulgadas.

Trabajo en Fresadoras

El fresado consiste, en la eliminación de material con una herramienta de corte giratoria de dientes múltiples. Mientras la herramienta de corte gira, la pieza que se trabaja es alimentada hasta pasar la herramienta; de este modo, la fresadora difiere del taladro, en donde la pieza que se trabaja, casi siempre permanece estática. Además de maquinar superficies planas irregulares, la fresadora es adaptable para cortar cuerdas de rosca, para ranuras y cortar engranes.

En el trabajo de las fresadoras, como en el del taladro y en el del torno, la velocidad periférica de la herramienta de corte se expresa en pies por minuto. Las alimentaciones, o el movimiento de la mesa, se representan, casi siempre, en términos de milésimas de pulgada por diente.

Para determinar, en revoluciones por minuto, la velocidad de la herramienta de corte, de los pies de la superficie por minuto y del diámetro de la herramienta de corte, puede utilizarse la siguiente expresión:

$$N = \frac{3.82 S_t}{d}$$

TABLA XIX
CORTES, AVANCES Y VELOCIDADES APROXIMADAS PARA TORNEADO METALICO Y NO METALICO.
 (Practica basica de torno mecanico. Los valores tabulares estan en pul. por min.)

Clase	Material SAE No	Material de la herramienta de corte	Corte de 0.005 a 0.015	Corte de 0.015 a 0.025	Corte de 0.025 a 0.035	Corte de 0.035 a 0.050	Corte de 0.050 a 0.075
			Avance de 0.002 a 0.005	Avance de 0.005 a 0.015	Avance de 0.015 a 0.020	Avance de 0.020 a 0.030	Avance de 0.030 a 0.050	Avance de 0.050 a 0.075
Aceros de corte libre	1112, X-1112 1120 1315, etc.	18-4-1 HSS	.....	250-350	175-250	80-150	55-75
		Aleaciones fundidas Carburos sinterizados	750-1,500	425-500 600-750	215-300 450-600	150-210 350-450	100-210 175-250
Aceros de carbón y aleación baja	1010 1025	18-4-1 HSS	.....	225-300	150-200	75-125	45-65
		Aleaciones fundidas Carburos sinterizados	700-1,200	375-500 550-700	275-350 400-550	180-250 300-400	100-210 150-300
Aceros de aleación media	1030 1050	18-4-1 HSS	.....	200-275	125-175	70-120	40-60
		Aleaciones fundidas Carburos sinterizados	600-100	325-400 450-600	220-300 350-450	160-225 250-320	80-150 125-250
Aceros de aleación alta	1060 1095 1350	18-4-1 HSS	.....	175-250	125-175	65-100	35-55
		Aleaciones fundidas Carburos sinterizados	500-750	250-350 400-500	200-250 300-400	150-200 200-300	65-100 100-200
Aceros níquelados	2330 2350	18-4-1 HSS	.....	200-275	130-180	70-110	45-60
		Aleaciones fundidas Carburos sinterizados	550-800	300-375 425-550	225-300 325-425	145-200 225-325	85-120 125-225
Aceros cromados al cromo níquel	3120, 3450 5140, 52100	18-4-1 HSS	.....	150-200	100-125	50-75	30-50
		Aleaciones fundidas Carburos sinterizados	425-550	220-315 325-425	165-225 250-325	110-170 175-250	65-110 75-175
Aceros al Molibdeno	4130 4015	18-4-1 HSS	.....	160-210	110-140	60-80	35-55
		Aleaciones fundidas Carburos sinterizados	475-650	250-325 350-475	160-225 275-350	120-170 200-275	65-100 100-200
Aceros al Vanadio, Cromo e Inoxidables	6120 8150 18 Cr-SNi 6125	18-4-1 HSS	.....	160-150	80-100	50-75	30-50
		Aleaciones fundidas Carburos sinterizados	275-500	210-250 300-375	170-200 250-300	110-165 175-250	65-100 75-175
Aceros al Tungsteno	7260, 18-4-1 Recocidos	18-4-1	.....	120-150	75-120	40-75	25-40
		Aleaciones fundidas Carburos sinterizados	325-400	170-175 250-325	110-130 200-250	80-100 150-200	35-60 50-150
Aceros Especiales	12-14% Mn Si Elect., Placa de lingote de hierro, etc.	18-4-1 HSS	.....	200-250	125-200	75-125	50-75
		Aleaciones fundidas Carburos sinterizados	400-500 1,000-1,200	300-400 500-600 800-1,000	200-300 350-450 600-800	150-200 250-300 500-600	75-125 100-200

From: Fifth Sterling, Inc., Pittsburgh, Pa., y Tool Engineers Hand Book (Mc Graw-Hill Book Co., Nueva York).

TABLE XIX (Continued)
CORTES, ALIMENTACIONES Y VELOCIDADES APROXIMADAS PARA EL TORNEADO DE METALES Y NO METALES (Continued)

Clase	Material, No. SAE.	Material de la herramienta de corte	Corte 0.005 a 0.015	Corte 0.015 a 0.025	Corte 0.025 a 0.035	Corte 0.035 a 0.050	Corte 0.050 a 0.075
			Aliment. 0.002 to 0.005	Aliment. 0.005 to 0.015	Aliment. 0.015 to 0.020	Aliment. 0.020 to 0.030	Aliment. 0.030 to 0.050	Aliment. 0.050 to 0.075
Aceros fundidos	Fundición gris	18-4-1 HSS	.....	120-150	90-120	75-90	35-75
		Aleaciones fundidas Carburos sinterizados	450-600	225-300 350-450	150-220 200-250	125-175 200-250	70-125 100-200
	Medios y maleables	18-4-1 HSS	.....	120-150	90-120	60-90	30-60
		Aleaciones fundidas Carburos sinterizados	350-450	190-225 250-350	150-190 200-250	120-150 150-190	60-120 75-150
Duros Hoy	18-4-1 HSS	Aleaciones fundidas	.....	90-125	60-90	40-60	20-40
		Carburos sinterizados	250-300	120-170 150-250	80-120 100-150	55-90 75-100	35-55 50-75
Reventados	18-4-1 HSS	Aleaciones fundidas	.....	10-15	.....	.....	.....
		Carburos sinterizados	30-50	10-30	.....	.....	.....
Aleaciones de cobre	Bronce, latón, con plomo, etc.	18-4-1 HSS	.....	300-400	225-300	150-255	100-150
		Aleaciones fundidas Carburos sinterizados	1,000-1,250	500-600 800-1,000	450-500 650-800	325-400 500-600	200-325 300-500
	Latón normal, y bronce de baja aleación	18-4-1 HSS	.....	275-350	225-275	150-225	75-150
		Aleaciones fundidas Carburos sinterizados	700-800	375-425 600-700	275-375 500-600	250-325 400-500	175-250 200-400
Cobre duro, latón de alta aleación, manganeso y bronce de aluminio	18-4-1 HSS	.....	100-150	75-100	50-75	30-50	
	Aleaciones fundidas Carburos sinterizados	500-600	225-300 400-500	180-225 300-400	125-180 200-300	75-125 100-200	
Aleaciones ligeras	Magnesio	18-4-1 HSS	.....	500-750	350-500	200-275	125-200
		Aleaciones fundidas Carburos sinterizados	1,250-2,000	500-700 800-1,200	400-500 600-800	300-400 500-600	200-300 300-500
Aluminio	18-4-1 HSS	.....	350-500	225-350	150-225	50-100	
	Aleaciones fundidas Carburos sinterizados	450-650 700-1,000	300-400 400-500	225-300 300-450	150-225 220-300	75-100 100-200	
Plasticos	Termoplasticos, moldeados termicos	18-4-1 HSS	.....	.....	.....	.....
Abresivos	Vidrios, hule duro, cerámica, mármol, pizarra, eslate	18-4-1 HSS	.....	650-1,000	400-650	250-400	150-250
		Aleaciones fundidas Carburos sinterizados	150-250	75-150	.....	.....	.....

en donde:

- N_r = Velocidad de la herramienta de corte, en revoluciones por minuto
 S_r = Velocidad de la herramienta de corte, en pies por minuto
 d = El diámetro exterior de la herramienta de corte, en pulgadas.

Para determinar, en pulgadas por minuto la alimentación de la pieza que se trabaja, hacia el cortador, se utiliza la expresión:

$$F_m = f n_r N_r$$

en donde:

- F_m = Alimentación, en pulgadas por minuto de la pieza que se trabaja, hacia el cortador
 f = Alimentación, en pulgadas por cada diente, de la herramienta de corte
 n_r = Número de dientes de la herramienta de corte
 N_r = Velocidad de la herramienta de corte, en revoluciones por minuto

El número de dientes de la herramienta de corte que sería conveniente para una aplicación dada, puede expresarse como:

$$n_r = \frac{F_m}{F_r \times N_r}$$

en donde:

$$F_r = \text{Espesor de la viruta.}$$

La Tabla XX proporciona alimentaciones y velocidades sugeridas, para operaciones de fresado, en condiciones medias.

Al calcular el tiempo de corte, en las operaciones de fresado, el analista debe tomar en consideración, la punta de la fresa, cuando hay que determinar la longitud total del corte y la alimentación es automática. Esto puede determinarse por medio de triangulación, como se ilustra en el ejemplo de fresar superficialmente una almohadilla mostrada en la Figura 18-3.

En este caso, la punta BC debe añadirse a la longitud de la pieza que se trabaja (8 pulgadas), para llegar a la longitud total que debe pasar a través de la fresa. El espacio libre requerido para quitar la pieza que se trabajó, después del maquinado, será, naturalmente, tratado como un elemento aparte, porque se utilizará una mayor alimentación en el banco móvil. Conociendo el diámetro de la herramienta de corte, el analista determina AC (ó AE) como su radio, y calcula la altura del triángulo

$$BC = \sqrt{AC^2 - AB^2}$$

rectángulo ABC restando la profundidad del corte BE del radio de la herramienta de corte AC :

Supongamos, en el ejemplo anterior, que el diámetro de la fresa es 4 pulgadas y que tiene 22 dientes. La alimentación por diente es .003 de pulgada y la velocidad de corte es de 60 pies por minuto. El tiempo de corte se calcula utilizando la ecuación:

$$T = \frac{L}{F_m}$$

en donde:

- T = Tiempo de corte en minutos
 L = Longitud total del corte, en alimentación automática
 F_m = Alimentación en pulgadas por minuto.

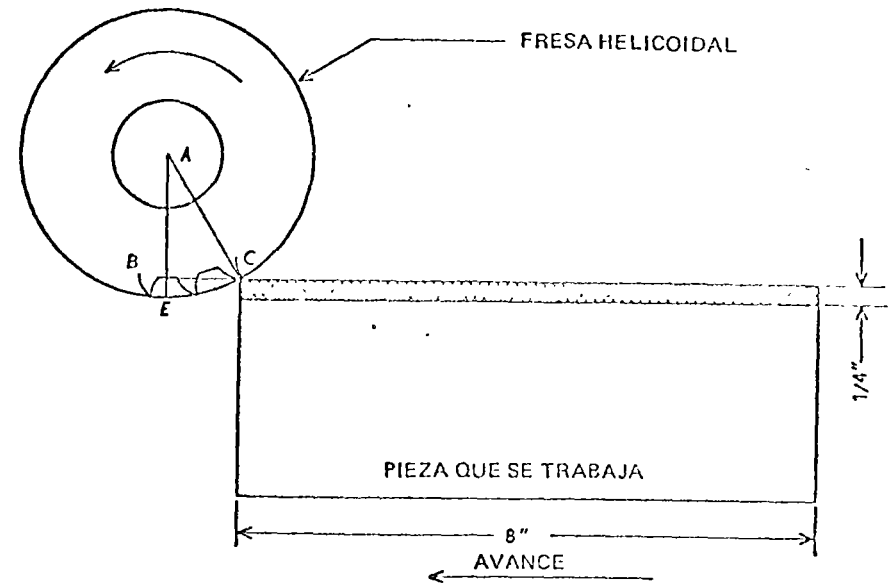


Fig. 18-3 Fresado de superficies de un vaciado de 8 pulgadas de largo

entonces L sería igual a 8 pulgadas + BC y

$$BC = \sqrt{4 - 3.06} = .975$$

por lo tanto

$$L = 8.975$$

$$F_m = f n_r N_r$$

$$F_m = (.003)(22)N_r$$

Conociendo las alimentaciones y las velocidades, el analista de tiempos le determina el tiempo de corte o de proceso, para los diversos tipos de trabajo que hayan de efectuarse en la planta. Los ejemplos citados en el capítulo de los trabajos de taladro, de torno y de fresadora, son representativos de las técnicas utilizadas para establecer los tiempos de corte. A los valores, hay que añadir las tolerancias necesarias aplicables, a fin de determinar los verdaderos valores elementales asignados.

Terminación de los Requerimientos de Potencia

Al desarrollar los datos estándar de los tiempos para elementos de máquinas, es conveniente tabular los requerimientos de potencia para diversos materiales en relación a la profundidad del corte, velocidad de la herramienta de corte y alimentaciones. El analista utilizará, continuamente, los datos estándar para la planeación de nuevos trabajos. A fin de no sobrecargar al equipo existente, debe estar informado de la carga de trabajo asignada a cada máquina, según las condiciones en que se remueve el material. Por ejemplo, en el maquinado de forjados de acero de gran sección, en un torno capaz de desarrollar 10 caballos de fuerza, no sería posible hacer un corte de 3/8 de pulgada de profundidad, operando a una alimentación de .011 pulgadas por revolución y a una velocidad periférica de 200 pies por minuto. La Tabla XXI indica un requerimiento de 10.6 H.P. en semejantes condiciones. Consiguientemente, el trabajo deberá planearse a una alimentación de .009 pulgadas, a una velocidad periférica de 200 pies por minuto, ya que en este caso, la potencia requerida será de 8.7 H.P. (véase la Tabla L para requerimiento de potencia).

TABLA XXI

VELOCIDADES EN HORSE POWER PARA GIRAR FORMAS DE ACERO DE ALTA ALIACION PARA CORTES DE 3/8" Y 1/2" DE PROFUNDIDAD PARA ALIMENTACIONES Y VELOCIDADES VARIABLES

SUPERFICIE PIES	CORTE DE 3/8" DE PROFUNDIDAD						CORTE DE 1/2" DE PROFUNDIDAD					
	Alimentaciones, Plgs/Rev.						Alimentaciones, Plgs/rev.					
	.009	.011	.015	.018	.020	.022	.009	.011	.015	.018	.020	.022
1/4	6.5	8.0	10.0	13.0	14.5	16.0	8.7	10.6	11.5	17.3	19.3	21.3
1/2	8.0	9.3	12.7	15.2	16.9	18.6	10.1	12.1	16.9	20.2	22.5	24.8
3/4	8.7	10.6	11.5	17.4	19.3	21.3	11.6	13.1	19.3	23.1	25.7	28.4
1	9.8	11.9	16.3	19.6	21.7	23.9	13.0	15.9	21.7	26.1	28.9	31.8
1 1/4	10.9	13.2	18.1	21.8	24.1	26.6	11.5	17.7	21.1	29.0	32.1	35.4
1 1/2	12.0	11.6	19.9	23.9	26.5	29.3	15.9	19.4	26.5	31.8	35.3	39.0
1 3/4	13.0	16.0	21.8	26.1	29.0	31.9	17.1	21.2	29.0	31.7	38.6	42.5
2	17.4	21.1	29.1	31.5	38.7	42.5	23.2	28.2	38.7	46.3	51.5	59.7

Curvas de Curvas

Dadas las limitaciones de espacio, no siempre es conveniente tabular los valores para los elementos variables. El analista puede expresar eficazmente, un número considerable de datos estándar en una página, usando una curva, o un sistema de curvas, en forma de un nomograma. Sin embargo, hay ciertas desventajas en el uso de las curvas. En primer

o

$$N_r = \frac{3.82 S_f}{d} = \frac{(3.82) (60)}{4} = 57.3 \text{ r.p.m.}$$

entonces

$$F_m = (.008) (22) (57.3) = 10.1 \text{ pulgadas por minuto}$$

y

$$T = \frac{8.975}{10.1} = .888 \text{ minutos de tiempo de corte.}$$

TABLA XX
AVANCES Y VELOCIDADES PARA FRESCO
(Condiciones medias)

PROFUNDIDADES DEL CORTE EN PULGADAS		ANCHO DEL CORTE EN PULGADAS															
		1/4	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	7	8	10	12
1/4	Avan.	4.5	4.5	4	4	4	3.5	3.5	3.5	3	3	3	2.5	2.5	2.5	2.25	2.25
	Veloc.	110	110	105	105	100	100	100	95	95	95	90	90	90	85	85	85
1/2	Avan.	4.5	4	4	4	3.5	3.5	3.5	3	3	3	2.5	2.5	2.25	2.25	2	2
	Veloc.	105	105	100	100	95	95	95	90	90	90	85	85	85	80	80	80
3/4	Avan.	4	4	3.5	3.5	3.5	3	3	3	2.5	2.5	2.25	2.25	2	2	1.75	1.75
	Veloc.	100	100	95	95	90	90	90	85	85	85	80	80	80	75	75	75
1	Avan.	4	3.5	3.5	3.5	3	3	3	2.5	2.5	2.25	2.25	2	2	1.75	1.5	1.5
	Veloc.	95	95	90	90	85	85	85	80	80	80	75	75	75	70	70	70
1 1/4	Avan.	3.5	3.5	3.5	3	3	3	2.5	2.5	2.25	2	1.75	1.5	1.5	1.25		
	Veloc.	90	90	85	85	80	80	80	75	75	75	70	70	70	65		
1 1/2	Avan.	3.5	3.5	3	3	3	2.5	2.5	2.25	2	1.75	1.5	1.25	1			
	Veloc.	85	85	80	80	75	75	75	70	70	70	65	65	65			
2	Avan.	3.5	3	3	3	2.5	2.5	2.25	2	1.75	1.5	1.25	1				
	Veloc.	80	80	75	75	70	70	70	65	65	65	60	60				
2 1/4	Avan.	3	3	2.5	2.5	2.25	2	1.75	1.5	1.25	1						
	Veloc.	80	75	75	70	70	65	65	65	60	60						
3	Avan.	2.5	2.5	2.25	2	1.75	1.5	1.25	1								
	Veloc.	75	75	70	70	65	65	60	60								
4	Avan.	2.5	2	1.75	1.5	1.25	1										
	Veloc.	75	70	70	65	65	60										
5	Avan.	2	1.5	1.25	1												
	Veloc.	70	70	65	65												
6	Avan.	1.75	1.5	1													
	Veloc.	70	65	65													

Factores de corrección

- SAE 1020 = 1.00
- SAE 1935 - Anal. = 1.00
- Acero para herramientas = 1.60
- Alimentación de Acero
 - Máquina libre = 1.00
 - Medio = 1.25
 - Duro = 1.50
- Acero vaciado = 1.40
- Hierro vaciado
 - Duro = 1.25
 - Medio = 1.50
 - Suave = 1.75
- Hierro martillado = 1.50
- Latón y Bronce
 - Máquina libre = 1.50
 - Medio = 1.00
 - Duro = 1.00
- Metal = 1.00
- Acero de Magnesio = 1.00
- Aluminio = 1.00

Avances en pulgadas por minuto.
Velocidad periférica en pies por minuto.

Para obtener el avance y la velocidad correcta, multiplique las cantidades de la velocidad y avance dadas en la tabla por el factor de corrección.

Fuente: National Twist Drill & Tool Co.

lugar, es posible, al leer las curvas, introducir errores por las interpolaciones que regularmente se necesitan. Además, siempre hay la posibilidad de error, debido a las lecturas incorrectas o a la alineación incorrecta de las intersecciones de las diversas escalas.

Cuando nos referimos al trazo de curvas, para mostrar la relación que existe entre el tiempo y las variables que lo afectan, nuestra solución puede muy bien tomar la forma de una recta, una curva, un sistema de líneas rectas como en el diagrama de raya, o una combinación especial de líneas características de los nomogramas. El analista debe observar ciertos procedimientos estándar, en el trazo de curvas simples de una sola línea. En primer lugar, es una práctica estándar, expresar el tiempo en el eje de las ordenadas y la variable independiente en las abscisas. Si resultara práctico, todas las escalas deberían comenzar en cero, con el fin de que puedan verse sus verdaderas proporciones. Por último, la escala seleccionada para la variable independiente debe tener suficiente rango para utilizar el papel, en el que la curva se ha trazado en toda su extensión. La Figura 18-1 ilustra un diagrama que expresa tiempo de "embatido", en horas por cientos de piezas, para cierto calibre de material, para un rango de tamaño, expresado en pulgadas cuadradas.

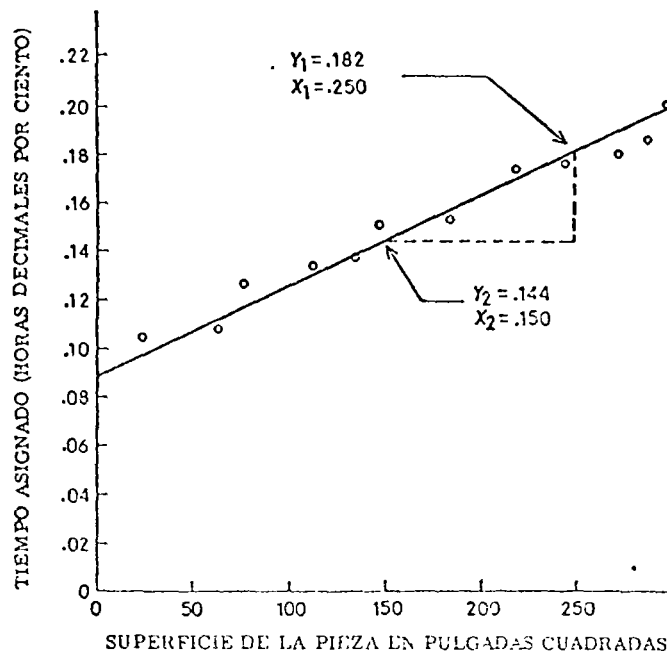


FIG. 18-4.

En este diagrama, cada punto representa un estudio por separado de tiempos. Por lo tanto, se usaron doce estudios de tiempos para recopilar los datos para esta curva. El análisis de los puntos trazados mostró una relación lineal entre los diferentes estudios. La ecuación para una línea recta es:

$$Y = mx + b$$

(La ecuación de la línea recta se expresa, frecuentemente, como sigue: $Y = a + bx$.)

en donde:

- Y = Ordenada (horas por cientos de piezas)
- x = Abscisa (área de la pieza en pulgadas cuadradas)
- m = Pendiente de la recta, o el cambio proporcional de tiempo en el eje Y por cada cambio en el eje X
- b = Intersección de la línea recta con el eje Y cuando $x = 0$.

La curva trazada por el análisis, muestra el valor de la intersección de .088 en el eje Y (ordenada), y la pendiente puede calcularse por medio de la ecuación:

$$m = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} \text{ en donde } x_1, y_1 \text{ y } x_2, y_2 \text{ son puntos específicos de la curva.}$$

$$= \frac{.182 - .144}{250 - 150} = .00038.$$

El método de los Mínimos Cuadrados

También es posible encontrar la solución para m y b , utilizando el método de los mínimos cuadrados. En esta técnica, la pendiente resultante y la intersección del eje y dará una línea recta, cuya suma de los cuadrados, de las desviaciones verticales de las observaciones, desde esta línea, es la más pequeña de la suma correspondiente de los cuadrados de las desviaciones, desde cualquier otra línea. Las dos ecuaciones que simultáneamente se resuelven son:¹

$$\begin{aligned} \text{Ecuación 1: } \Sigma y &= Nb + m \Sigma x \\ \text{Ecuación 2: } \Sigma xy &= b \Sigma x + m \Sigma x^2 \end{aligned}$$

Las obtenciones de estas ecuaciones pueden encontrarse en la mayor parte de los textos de matemáticas.

En el ejemplo citado, podemos encontrar la solución para m y b , utilizando, el método de los mínimos cuadrados, como sigue:

¹ Estas ecuaciones frecuentemente se expresan como: $\Sigma y = n\bar{y}$ y $\Sigma xy = n\bar{x}\bar{y}$.

Estado	x o línea	y o tiempo	xy	x^2
1	25	.101	2 60	625
2	65	.109	7 09	4,225
3	77	.126	9 70	5,929
4	112	.134	15 01	12,544
5	135	.138	18 63	18,225
6	147	.150	22 05	21,609
7	185	.153	28 31	34,225
8	220	.171	38 23	48,400
9	245	.176	43.12	60,025
10	275	.182	50 05	75,625
11	287	.186	53 33	82,369
12	300	.202	60 00	90,000
	2073	1 834	318 82	453,801

Substituyendo en las ecuaciones 1 y 2

$$\text{Ecuación 1: } 12b = 1.834 - 2073m$$

$$\text{Ecuación 2: } 2,073b = 348.82 - 453,801m$$

multiplicando la ecuación 1 por 2,073 y la ecuación 2 por 12:

$$\begin{aligned} 24,876b &= 3,801.882 - 4,297,329m \\ 24,876b &= 4,185.840 - 5,445,612m \\ \hline 0 &= -383.958 + 1,148,283m \end{aligned}$$

$$m = \frac{383.958}{1,148,283} = .000334$$

y substituyendo en la ecuación 1:

$$12b = 1.834 - .692$$

$$b = \frac{1.142}{12} = .095$$

Resolución por Medio de las Ecuaciones de la Línea de Regresión

Como se ha visto, el método de los mínimos cuadrados requiere de la solución de ecuaciones simultáneas. Estas ecuaciones pueden llegar a ser pesadas. Resolviendo estas ecuaciones, para la pendiente m y la y de intersección b , se puede emplear la sustitución directa. Se emplean los mismos totales que en los mínimos cuadrados, los que incluyen:

$$\Sigma x, \Sigma x^2, \Sigma y, \Sigma xy,$$

y N , número de datos. La ecuación de línea de regresión, para obtener la constante b es:

$$b = \frac{(\Sigma x^2)(\Sigma y) - (\Sigma x)(\Sigma xy)}{(N)(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

y la pendiente m se calcula como sigue:

$$m = \frac{(N)(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{(N)(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

Resolviendo para b y m como en el ejemplo anterior, tenemos:

$$\begin{aligned} b &= \frac{(453,801)(1 834) - (2,073)(348 82)}{(12)(453,801) - (2,073)^2} \\ &= \frac{105,168}{1,148,283} = .095 \end{aligned}$$

y

$$\begin{aligned} m &= \frac{(12)(318 82) - (2,073)(1 834)}{(12)(453,801) - (2,073)^2} \\ &= \frac{383.958}{1,148,283} = .000334 \end{aligned}$$

Empleo de los Datos Estándar

Los datos estándar de los elementos constantes se tabulan y archivan por máquina o proceso, para facilidad de referencia. Los datos variables pueden tabularse o expresarse en forma de una curva o de una ecuación, archivándose también, de acuerdo a la clase de máquina de la operación.

Cuando los datos estándar se dividen para cubrir una máquina y una clase de operación, es posible combinar constantes con variables, y tabular el resumen, lo cual permite una referencia rápida de los datos que expresan el tiempo asignado para efectuar una operación total. La Tabla XXII ilustra datos de soldadura, en la que las constantes como "cambio de electrodo" y "arco", se han combinado con las variables "limpieza de soldadura" y "soldando", el resultado está expresado en las horas-hombre requeridas para soldar una pulgada, para varios tamaños de soldadura.

La Tabla XXIII ilustra los datos estándar para una máquina y una operación en la que, de nuevo, los elementos se han combinado, de manera que sólo sea necesario identificar el trabajo, en función de la distancia que la cinta de lámina se mueva por pieza, para determinar el tiempo asignado para la operación completa.

Con frecuencia, los elementos de preparación pueden también combinarse

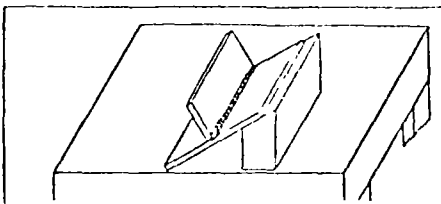
TABLA XXII

CLASIFICACION

GENERO Chafin

TIPO Posicion Plana

ELECTRODO E 6013



PROCEDIMIENTO GENERAL DE SOLDADURA

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA Acero Metálico Cubierto POSICION Plana

MATERIAL Acero suave a acero suave P D S 1550, 1555 S A E 1219

ELECTRODO E 6013 OH Convexo Gruesa

CLASE A W.S. TIPO FORMA DE LA SOLD CAPA

FUENTE DE PODER (C A o C D y polaridad si es C D.) C D

APOYO Ninguno MARTILLADO Ninguno REBABEADO Ninguno

REFCALENTADO Ninguno

QUITAR TENSION Ninguna

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA--DETALLES

TAMAÑO DE LA SOLTURA	TAMAÑO DE LA PLACA	ESPESOR DE LA PLACA	NUMERO DE PASADAS	CORRIENTE DE LA SOLDADURA (AMPERES)	VOLTAJE DE LA SOLDADURA (VOLTAJES)	TIEMPO DE LA SOLDADURA (HORAS)	VELOCIDAD DE LA SOLDADURA (PIE/HR)
1/8	1/8	1/8	1	160-199	25-28	.025	31.3
3/16	5/32	3/16	1	160-199	26-28	.028	29.8
1/4	3/16	1/4	1	180-219	32-35	.033	25.3
3/8	1/4	3/4	1	280-330	32-35	.050	16.7
1/2	1/4	3/4	2	280-330	32-36	.059	10.7
5/8	1/4	1"	2	280-330	32-36	.072	6.8
3/4	1/4	1 1/2	4	280-330	32-35	.096	4.3
1"	1/4	1 1/2	6	280-330	32-36	.098	2.6

* NOTA INCLUYE TIEMPO DE CAMBIO DE ELECTRODO, TIEMPO DE ARCO, TIEMPO DE LIMPIEZA DE SOLDADURA Y TIEMPO DE SOLDADURA

tabularse en combinaciones, para disminuir el tiempo requerido para sumar serie de elementos. La Tabla XXIV ilustra los datos estándar de preparación para un torno revólver Warner & Swasey número 5, aplicable a una torreta específica. Para determinar el tiempo de preparación, por medio de los datos, sólo se necesita conocer el herramental en la torreta cuadrada hexagonal y consultar la Tabla. Por ejemplo, si cierto trabajo requiere un herramental de biselado, de torneado y en la torreta cuadrada, y necesitara herramientas de agujerar, una de rimar, y un macho de expansión en torreta hexagonal, el tiempo estándar de preparación se determinará como 69.70 minutos más 25.89 minutos, o sea 95.59 minutos. El valor se termina, encontrando el herramental que se busca bajo la columna "torreta cuadrada" (Línea 8) y el herramental que consume, más tiempo, en

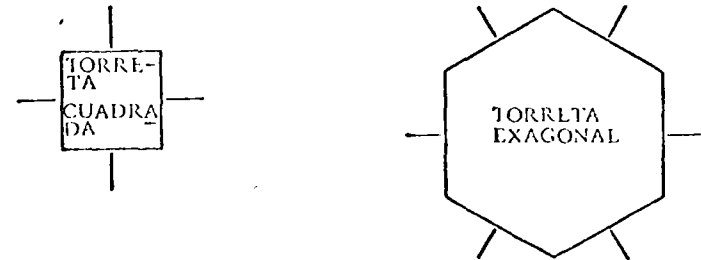
TABLA XXIII

DATOS ESTANDAR PARA PUNZONAR Y AGUJERAR CINTAS METALICAS ALIMENTADA A MANO Y PILAZA REMOVIDA AUTOMATICAMENTE EN PRESINSA PUNZONADORA TOLDO 76

L (Distancia en Pulgadas)	T (Tiempo en Horas por Cien Golpes)
1	.075
2	.082
3	.088
4	.095
5	.103
6	.110
7	.117
8	.123
9	.130
10	.137

TABLA XXIV

DATOS ESTANDAR PARA PREPARACION DE TORNOS REVOLVER No 5



HERRAMENTAL BASICO No.

No	TORRETA CUADRADA	TORRETA EXAGONAL						
		Parcial	Biselar	Perforar Taladrar	Taladrar	Roscar Rimar	Roscar "C"	Dido "C"
1	Parcial	31.5	39.6	11.5	48.0	47.6	50.5	58.5
2	Biselar	38.2	39.6	46.8	49.5	50.5	53.0	61.2
3	Refrentar o cortar	36.0	41.2	48.6	51.3	52.2	55.0	63.0
4	Torn per ran rad	40.5	49.5	50.5	53.0	54.0	55.8	63.9
5	Refrentar y biselar.	37.8	45.9	51.3	54.0	54.5	56.6	64.8
6	Refrentar y cortar	39.6	48.6	53.0	55.0	56.0	58.5	66.6
7	Ref y torn o torn y cor	45.0	53.1	55.0	56.7	57.6	60.5	68.4
8	Refren torn y cort	47.7	55.7	57.6	59.5	60.5	69.7	78.4
9	Retren torn y cor	48.6	57.6	58.5	60.0	62.2	71.5	80.1
10	Retren torn y ran	49.5	58.0	59.5	61.5	64.0	73.5	81.6
11	Herramental básico marcado en parte superior							
12	Cada herramienta adicional en la cuadrada	4.20r _____ = _____						
13	Cada herramienta adicional en la hexagonal	8.63r _____ = _____						
14	Quitar y colocar 3 quijadas	5.9 _____						
15	Preparar subensamble o dispositivo	18.7 _____						
16	Preparación entre centros	11.0 _____						
17	Cambiar tornillo de punta	6.6 _____						

PREPARACION TOTAL _____ Min.

la sección de la torreta hexagonal, en este caso la hembra. Esto da valor de 69.7 minutos. Puesto que otras tres herramientas adicionales se encuentran en la torreta hexagonal (primer taladro, segundo taladro y ríma), multiplicamos 8.63 por 3, lo que nos da 25.89 minutos. Al añadir los 25.89 minutos y los 69.70 minutos, obtendremos el tiempo de preparación requerido.

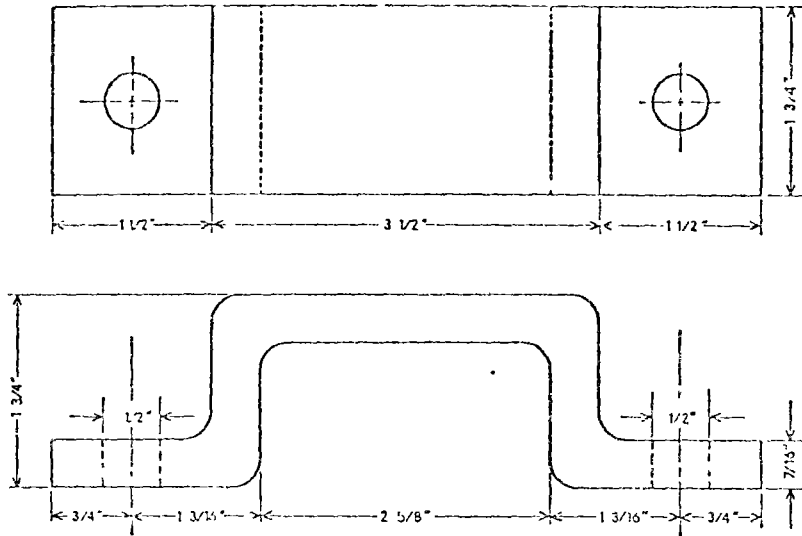


Fig. 18-5 Caja de hierro colado

Con mayor frecuencia, los datos estándar no están combinados, sino que se encuentran en su forma elemental, lo cual permite mayor flexibilidad en el desarrollo de estándares de tiempos. Los datos estándar representativos y aplicables a una planta determinada, se encuentran en la Tabla XXV.

Los datos que aparecen incluyen la tolerancia aplicable por retraso personal y por fatiga. Veamos cómo pueden aplicarse estos datos de tiempos estándar, para establecer tiempos asignados, tanto para preparación, como por pieza para taladrar los dos agujeros para los pernos sujetadores de la caja fundida de hierro gris, que se ilustra en la Figura 18-5.

El tiempo de preparación asignado sería igual a:

$$B + C + D + F + G + H + I = 8.70 \text{ minutos.}$$

El elemento A no se incluye en el tiempo de preparación, por la sencillez del trabajo. No se entrega el plano al operario, porque la tarjeta de operación le da suficiente información relativa al número de la plantilla del taladro, número del calibre de mechero, y alimentación y velocidad del eje que hay que usar. El elemento E no se incluye en la preparación, ya que en este caso, la inspección de la primera pieza no la hace el inspector.

Conforme a la tarjeta de operaciones, el operario tendrá que inspeccionar, periódicamente, su propio trabajo, con el calibre "Pasa-No-Pasa" proporcionado. Se recomienda que examine una de cada diez piezas.

Ya que la fundición de que se trata pesa menos de cuatro libras, y que dos partes pueden fácilmente manipularse en una mano, los datos Losquejados podrían aplicarse.

Después de que el analista haya investigado el diseño de la plantilla, el taladro que ha de utilizarse, y que haya hecho un estudio analítico de los movimientos del trabajo, para determinar los elementos requeridos para llevar a cabo la operación, podrá preparar su resumen elemental. Este resumen deberá ser tal como se muestra en la Tabla anexa.

TABLA XXV
DATOS ESTÁNDAR

Aplicación: Taladro vertical Allen de un solo eje de 17"

Tamaño del trabajo Trabajo pequeño — hasta 4 libras de peso y tal que puedan sostenerse dos o más partes en cada mano

Elementos de preparación.

A. Estudiar el plano	1.25
B. Obt. el material y el instrumental y regresar, colocarse listo para trab.	3.75
C. Ajustar la altura de la mesa	1.31
D. Arrancar y detener máquina	.09
E. Inspeccionar primera pieza (incluye tiempo normal de espera al inspector)	5.25
F. Identificar la producción y anotar en el registro	1.50
G. Limpiar mesa y plantilla	1.75
H. Insertar broca en el eje	.16
I. Remover broca del eje	.14

Elementos de cada pieza.

1. Apilar broca (proteatado)	.78
2. Insertar broca en el eje	.16
3. Insertar broca en el eje (portabrocas de cambio rápido)	.05
4. Preparar eje	.42
5. Cambiar la velocidad del eje.	.72
6. Quitar herramienta del eje	.14
7. Remover herramienta del eje (portabrocas de cambio rápido)	.035
8. Levantar parte y colocarla en plantilla	
a) Quijada de acción rápida	.070
b) Tornillo de mariposa	.050
9. Quitar parte de plantilla	
a) Quijada de acción rápida	.050
b) Tornillo de mariposa	.030
10. Colocar parte y avanzar el taladro	.012
11. Avanzar el taladro	.035
12. Dejar libre el taladro	.023
13. Dejar libre el taladro, recolocar la parte y avanzar el taladro (mismo eje)	.015
14. Dejar libre el taladro, colocar la parte y avanzar el taladro eje adyacente	.020
15. Insertar la chumacera del taladro	.016
16. Remover la chumacera del taladro	.035
17. Dejar aun lado la parte	.022
18. Soplar a la plantilla y a la parte y quitarla	.081
19. Calibrar la parte	.12

Número del Elemento	Elemento	Tiempo Permitido (Minutos)
8.....	Tomar pza. colocar en guía (abraz. acción rap.)	.070
9.....	Remover pza de guía (abraz. acción rápida)	.050
10.....	Coloque pza. y avance	.012
13.....	Libere taladro, recoloque pza. y avance	.018
12.....	Libere taladro	.023
17.....	Coloque pza. a un lado	.022
19.....	Mida pieza (10%)	.012
1.....	Afile taladro (una vez por cada 100 pzas.)	.008
2.....	Inserte taladro (una vez c/100 pzas.)	.002
6.....	Quite herramienta del taladro (una vez c/100 pzas.)	.001
		.273 Minutos

A este tiempo de .278 minutos debe añadirse el tiempo real empleado en taladrar los dos agujeros. Esto podrá determinarse fácilmente, como ya se explicó anteriormente. Para una broca de media pulgada de diámetro, utilizada para taladrar el hierro colado, debemos emplear una velocidad periférica de 100 pies por minuto y una alimentación de .008 pulgadas por revolución.

Cien pies por minuto de velocidad periférica equivalen a 764 revoluciones por minuto.

$$R.P.M. = \frac{12S_f}{\pi d}$$

en donde:

- S_f = Velocidad periférica en pies por minuto
 π = 3.14
 d = Diámetro de una broca, en pulgadas.

Sin embargo, una investigación del taladro que se ha seleccionado para este trabajo revela que, las velocidades de 600 R.P.M. o 900 R.P.M. son las más cercanas que se pueden obtener, respecto a la velocidad que se recomienda de 764 R.P.M. El analista propone que se utilice la velocidad más baja, en vista de que conoce la condición de la máquina, y determina el tiempo del fresado como sigue:

$$T = \frac{L}{F_m} \times 2$$

$$L = .437 + \frac{.25}{\tan 59^\circ} = .588 \text{ pulgadas}$$

$$F_m = (600)(.008) \\ = 4.8 \text{ pulgadas por minuto}$$

$$T = \left(\frac{.588}{4.8} \right) 2 = .244 \text{ minutos.}$$

Al tiempo de corte de .244 minutos, deben añadirse las tolerancias apropiadas. Si se emplea el 10% de tolerancia en el tiempo real del maquinado, tendremos un tiempo de corte de 268 minutos y un tiempo para manipulación de .278 minutos, o sea, un tiempo total de .546 minutos para el taladro completo de una fundición, en un taladro disponible de un sólo eje. Este estándar, suplementado con el tiempo de preparación de 8.70 minutos, se expresará como sigue:

Preparación 1.45 horas
 Cada pieza91 horas por cada ciento.

De este modo, si un operario preparó este trabajo y produjo mil piezas en ocho horas de un día de trabajo, actuó con una eficiencia de 116 por ciento:

$$\frac{(.91)(10) + 1.45}{8} = 116 \text{ por ciento.}$$

Conclusión

La aplicación correcta de los datos estándar permite antes de que el trabajo se emplee a ejecutar, establecer tiempos estándar precisos. Esta posibilidad hace que su utilización sea, especialmente atractiva, cuando haya que estimar el costo de un nuevo trabajo, para preparar una cotización para trabajos de sub-contrato.

Los estándares de tiempo pueden obtenerse mucho, más rápidamente, con el empleo de los datos estándar, y se puede asegurar la consistencia de los estándares establecidos. Los estándares desarrollados por medio de datos estándar, tienden a ser equitativos, tanto con el trabajador, como con la gerencia, ya que son el resultado de estándares bien probados. Puede señalarse que, los valores elementales que se utilizan para obtener los estándares, se han probado satisfactoriamente como componentes de estándares ya establecidos y aceptables, que se emplean en la planta.

El empleo de los datos estándar simplifica muchos problemas administrativos y de gerencia, en las plantas que tienen sindicatos, que operan como agentes de regateo. Los contratos de los sindicatos contienen numerosas cláusulas pertenecientes a materias, tales como: el tipo del método que debe utilizarse (continuo o de lecturas repetitivas), el número de ciclos que debe estudiarse, a quién debe estudiarse y quién debe observar el estudio. Semejantes restricciones, dificultan, con frecuencia, el trabajo del analista para llegar a un estándar equitativo, tanto hacia la compañía, como hacia el operario. Empleando la técnica de los datos estándar, el analista podría evitar los detalles restrictivos. De este modo, no sólo se simplifica la determinación del estándar, sino que se aligeran las fuentes de tensión entre los trabajadores y la dirección.

En general, cuanto más refinados sean los tiempos elementales, tanto más amplio será el rango de acción de los datos. Por consiguiente, en actividades de taller, es conveniente tener, tantos valores elementales individuales, como valores agrupados o combinados, de modo que, los

datos para una máquina determinada, tendrán la necesaria flexibilidad para permitir la determinación de los valores de todas las clases de trabajo programadas en la misma.

Cada día se hace más común el empleo de los datos estándar, para establecer estándares, especialmente cuando se trata de trabajos cuyo ciclo es corto. Estos datos son tan básicos, por su naturaleza, que hacen posible la predeterminación de estándares de prácticamente toda clase o tipo de elementos manuales. Es natural que, las divisiones básicas "objetivas" y "hacer", tal como las de "usar", tengan que manejarse como variables, y que haya que establecer datos tabulados, curvas, o expresiones algebraicas.

Es evidente, por los ejemplos citados, que la aplicación de los datos estándar es una técnica difícil. Un buen entrenamiento en métodos y práctica en el taller, son fundamentales, antes de que un analista pueda establecer estándares con precisión, utilizando los datos estándar. Es esencial, que el analista conozca y sepa reconocer la necesidad de cada elemento, para la clase de trabajo para el cual está estableciendo sus valores. Como complemento de esta preparación, es necesario que el técnico que trabaja con datos estándar, sea de mente analítica, exacto, preciso, concienzudo y de absoluta confianza.

PREGUNTS SOBRE EL TEXTO

1. ¿Qué se entiende por "datos estándar"?
2. ¿Qué ventajas se tienen al establecer tiempos estándar por medio de los datos estándar, en vez de tomar estudios individuales?
3. ¿De qué dependerá el tiempo para el elemento "fresar ranura"?
4. ¿Para qué sirve el cronómetro "rápido" en la recopilación de datos estándar?
5. Calcule los tiempos para los elementos a , b , c , d , y e , cuando a los elementos $a + b + c$ se les tomó un tiempo de .057 minutos, $b + c + d$ son iguales a .078 minutos, $c + d + e = .097$ minutos, $d + e + a = .055$ minutos, y $e + a + b = .069$ minutos.
6. ¿Cuál será la punta de una broca de $3/4$ de pulgada de diámetro con un ángulo de 118 grados?
7. ¿Cuál será la alimentación, en pulgadas por minuto, de un taladro de $3/4$ de pulgada, funcionando a una velocidad periférica de 80 pies por minuto, y a una alimentación de .003 pulgadas por revolución?
8. ¿Qué tiempo tardará en perforar el mismo taladro anterior, una fracción de $2 1/4$ de pulgada de espesor?
9. ¿Cómo se expresan, generalmente, las alimentaciones en los trabajos de torno?
10. ¿Cuánto se tardará en tornearse seis pulgadas de una barra de una pulgada, en un torno revolver W. & S. número 3, operando a 120 pies por minuto y con una alimentación de .005 pulgadas por revolución?
11. Se está empleando una fresa de tres pulgadas de diámetro, con un espesor de dos pulgadas, para fresar una pieza de acero laminado en frío de $1 1/2$ pulgadas de ancho y de cuatro pulgadas de largo. La profundidad del corte es de $3/16$ de pulgada. ¿Cuánto tardará en

hacerse el corte, si la alimentación por dientes es de .010 pulgadas y se usa una fresa de 18 dientes, operando a una velocidad periférica de 80 pies por minuto?

12. ¿Cuáles son algunas de las desventajas de utilizar las curvas para tabular los datos estándar?
13. ¿Qué procedimientos estándar deben seguirse en el trazado de curvas simples?
14. ¿Cuántos H.P. se requerirán para tornearse un eje de acero suave de tres pulgadas de diámetro, si se tiene que hacer un corte de un cuarto de pulgada, con una alimentación de .022 de pulgada por revolución y una velocidad del eje de 250 R.P.M.?

PREGUNTS GENERALES

1. ¿Cuál cree usted que sea la actitud de los sindicatos, hacia el establecimiento de estándares, por medio de los datos estándar?
2. Determine el precio de un trabajo de taladro que usted conozca, empleando los datos estándar para taladro, que aparecen en el texto. ¿Qué diferencia hay entre este estándar con el valor real del trabajo? (Asegúrese de que se comparan dos métodos idénticos)
3. ¿Desplazan por completo al cronómetro, los datos estándar? Explique.

CAPITULO 19

Tiempos Sintéticos de los Movimientos Básicos

DESDE EL TIEMPO DE TAYLOR, la administración se ha dado cuenta de la conveniencia de tener asignados los elementos de tiempo a cada una de las divisiones básicas de los movimientos.

Uno de los primeros que hicieron investigaciones en este campo fué W.G. Holmes, quien tabuló, en un Diagrama de Tiempos de Movimientos, valores basados en las medidas de los distintos miembros del cuerpo, incluyendo el dedo, la mano, el pie, y el brazo. ¹ Algunos tiempos representativos establecidos por Holmes son:

1. Mano con movimiento de gosne en la muñeca, .0022 minutos, cuando se mueve de 0 a 2 pulgadas.
2. Brazo con movimiento angular en el hombro, .0060 minutos, al moverse 30 grados.
3. Reacción nerviosa, del ojo al cerebro o viceversa, .0003 minutos.

Realmente, Holmes llevó su trabajo hasta un punto en el que es difícil y complicado aplicarlo. Estableció tiempos de reacción nerviosa del ojo al cerebro, de la rodilla al cerebro y del pie al cerebro también, tiempos para procesos mentales y para decisiones mentales, tales como oír; oler o realizar un contacto.

R.M. Barnes propugnó una técnica semejante a la de Holmes, en el desarrollo de datos para movimientos básicos. Afirma Barnes: "Existe la tendencia a la aplicación de valores de tiempos estándar para therbligs o combinación de therbligs y, bajo ciertas condiciones, tales valores de tiempo pueden ser más útiles que los valores de tiempo para elementos más grandes, obtenidos por estudios de tiempos por medio de cronómetro". ²

Un desarrollo relacionado con los anteriores fué perfeccionado por Harold Engstrom de la Compañía General Electric en Bridgeport, Connecticut. Engstrom describió su técnica, como sigue:

1. Analizar ciertas clases de trabajo sencillo como el de ensamblar en bancos, o una operación de máquina. Los estándares que se desarrollen deben circunscribirse a una clase particular de trabajo, sin tratar de abarcar la gama completa de operaciones industriales.
2. Se hace un estudio de tiempos de los trabajos para determinar los elementos básicos de que se componen.
3. Estos trabajos, de los que se han hecho estudios de tiempos, se fotografían por medio de una cámara para hacer un análisis de micromovimientos.
4. Se evalúan los esfuerzos del trabajador.
5. Por medio de las películas tomadas, se hacen combinaciones de therbligs en dos clasificaciones principales, tales como: "Obtener", que abarca el Transporte en Vacío el Sujetar; "Ubicar", que abarca Transporte con Carga, Colocación Previa, Colocación y Soltar la Carga. Disponer debe tratarse como Poner.
6. Estos datos son luego tabulados. ³

A.B. Segur desarrolló, en 1924, ecuaciones de tiempo como resultado del análisis de películas de micromovimientos, tomadas durante la Primera Guerra Mundial, a operarios muy eficientes.

Las películas se tomaron, originalmente, en un esfuerzo por desarrollar modelos de movimientos para entrenar trabajadores en desventaja. Estos estudios primitivos revelaron que, si varios operarios usando el mismo modelo ejecutaban un mismo movimiento, el tiempo empleado en ejecutarlo era relativamente constante.

Ciertamente nunca se ha tratado de necesidad, sino de como ejecutarse prácticamente el trabajo de determinar valores de tiempo para las distintas divisiones básicas. En años recientes, se ha progresado, considerablemente, en la asignación de valores de tiempo a los elementos básicos de trabajo. A estos valores de tiempos se les ha llamado tiempos sintéticos de los movimientos básicos.

Definición de los Tiempos Sintéticos de los Movimientos Básicos

Los tiempos sintéticos de los movimientos básicos son una colección de estándares de tiempo válidos, asignados a movimientos y a grupos de movimientos fundamentales, que no pueden ser evaluados, con exactitud, con el procedimiento ordinario del estudio cronométrico de tiempos. Son el resultado del estudio de un gran número de muestras de operaciones diversificadas, con un dispositivo para tomar el tiempo, tal como la cámara de cine, que es capaz de medir elementos muy cortos. Los valores de tiempo son sintéticos, en cuanto que, con frecuencia son el resultado de combinaciones lógicas de Therbligs. Por ejemplo, una serie de valores de tiempo puede establecerse para diferentes categorías de Sujetar. En el tiempo de sujetar, pueden incluirse los therbligs de buscar, seleccionar, y sujetar. Los valores de tiempo son básicos, en cuanto a que un mayor refinamiento resulta, no sólo difícil, sino poco práctico. De este modo, llegamos al término *tiempos sintéticos de los movimientos básicos*.

¹ W.G. Holmes, *Applied Time and Motion Study* (Nueva York: Ronald Press Co., 1938), p. 214.

² Ralph M. Barnes, *Motion and Time Study* (3ra ed. Nueva York: John Wiley & Sons, Inc., 1919), p. 437.

³ *Proceedings, National Time and Motion Study Clinic, 1940*, págs. 45-46.

Necesidad de los Tiempos Sintéticos de los Movimientos Básicos

Desde 1945 existe un marcado interés en la aplicación de los tiempos sintéticos de los movimientos básicos, como un método moderno para establecer, rápidamente, valores frecuentemente exactos, sin usar el cronómetro, ni otro dispositivo para tomar el tiempo. Se recomienda, al estudiante, volver a leer el Capítulo 10, después de haber completado el Capítulo 18 sobre los Datos Estándar. El desarrollo de un método refinado y consciente, respecto a todas las partes asociadas con el establecimiento de estándares aplicando tiempos sintéticos, ha sido un subproducto de los tiempos estándar sintéticos que han resultado, probablemente más útil, o tanto como los estándares de tiempo. Por esta razón, el autor cree que la materia de los tiempos sintéticos de los movimientos básicos debe intercalarse o integrarse a las técnicas de movimientos y micromovimientos, aún cuando también sea un añadido muy cercano de la fase de la medición del trabajo. Aún habiendo establecido, claramente, los conceptos de las leyes de la economía de movimientos y las divisiones básicas de trabajo, el analista en métodos que carezca de valores de tiempo confiables de las divisiones básicas, tiene sólo una parte de los hechos necesarios para proyectar un método, antes de comenzar la producción real. ¿Cómo podría asegurarse que su método propuesto era el mejor, sino tuviera los valores de tiempo de las divisiones básicas? Con tiempos confiables de los movimientos, podrá evaluar el método propuesto a base del promedio, o del trabajador normal, que será, con el tiempo, quien reciba sus ideas. Es evidente que el método empleado determina el tiempo para ejecutar una tarea, de lo que se deduce que, si se dispusiera de los valores de tiempo para toda clase de actividad, podrían determinarse con anterioridad, los métodos más favorables.

Hoy en día, el analista de métodos tiene a su disposición varias fuentes para establecer valores sintéticos, de las que él puede obtener información muy útil para su trabajo.

Sistema Work Factor⁴

La Compañía Work-factor Inc. es una de las instituciones pioneras en el establecimiento de estándares sintéticos con valores de movimiento-tiempo. Los datos Work-Factor se dieron a conocer en 1938, después de cuatro años de reunir valores por medio de la técnica de micromovimientos, procedimientos por cronómetro y el uso de "máquinas de tiempo fotoeléctricas, especialmente construídas".

El sistema Work-Factor ha logrado su flexibilidad gracias al desarrollo de cuatro procedimientos diferentes de aplicación, que dependen de los objetivos del análisis y de la exactitud requerida. Los procedimientos se conocen bajo los nombres de: técnicas de detalle, simplificada, abreviada y fácil (Ready).

La técnica Work-Factor detallada está diseñada para proporcionar tiempos estándar precisos, ya sea para la medición del trabajo por día, o para planes de incentivos. También proporciona un instrumento de precisión para el análisis de métodos. Se aplica, en primer lugar, en operaciones de ciclos cortos, en trabajos repetitivos, y también, para desarrollar datos estándar.

El procedimiento Work-Factor simplificado se aplica cuando las operaciones exigen un análisis menos preciso que el detallado. Se utiliza, generalmente, en producciones medias. Pueden obtenerse estándares de tiempo simplificados, en la mitad del tiempo que con el detallado, y la pérdida de exactitud casi nunca excede más del 5 por ciento.

El procedimiento Work-Factor abreviado se aplica rápidamente. Es muy útil para el taller en que se trabajan cantidades pequeñas. El abreviado varía, respecto al de detalle, en más 10 a 12 por ciento.

El procedimiento Work-Factor fácil se desarrolló para satisfacer la necesidad de un instrumento de evaluación simple, para que el trabajo manual pueda enseñarse, fácilmente, a personas que se dedican a otras funciones diferentes al estudio de tiempos, tales como: diseño de productos, estimaciones, métodos de fabricación, producción supervisión de oficina. Cuando se les aplica correctamente, los tiempos Work-Factor fácil pueden permanecer en un promedio dentro del 0 a más 5 por ciento del Work-Factor detallado.

Sistema Detallado Work-Factor

El sistema Work-Factor reconoce que las siguientes variables influyen en el tiempo requerido para ejecutar una tarea:

1. El miembro del cuerpo que hace el movimiento, tal como: brazo, antebrazo, dedo, mano pie.
2. La distancia movida (medida en pulgadas)
3. El peso acarreado (medido en libras, convertido en factores de trabajo).
4. El control manual requerido (cuidado, control direccional, o dirigir hacia un objetivo, cambio de dirección, detenerse en un sitio definido; medidos en factores de trabajo)

Analizando películas, Work-Factor concluyó, como lo habían hecho muchos años antes los Gilbreths, que los movimientos de los dedos pueden ejecutarse más rápidamente que los de los brazos, y que, los movimientos de los brazos se hacen en tiempos más corto que los del cuerpo. Se han recopilado los tiempos de los movimientos Work-Factor para los diferentes miembros del cuerpo. Estos incluyen:

1. Dedo-mano. Incluye los movimientos de los dedos y los movimientos de la mano hasta la muñeca.
2. El brazo. Incluye los movimientos de la parte baja del brazo cerca del codo, cuando éste se usa como un gozne, y todos los movimientos del brazo completo moviéndose apoyado en la espalda, excepto la espalda misma. Los movimientos de la mano, dedos, y de la parte baja del brazo, pueden ocurrir simultáneamente.

⁴ "Work-Factor" es la marca de servicio (trade mark) de la Work-Factor Company Inc que identifica así, sus servicios como consultores de la industria, y también su sistema de estándares fundamentales predeterminados de movimiento-tiempo para los mismos tiempos los de movimiento, no menos que las técnicas que emplea en la determinación de métodos y medición de trabajo.

3. **Movimiento giratorio del antebrazo** Aquí, la parte baja del brazo gira alrededor del eje del antebrazo, como cuando se da vuelta a un desatornillador, o el brazo completo gira alrededor de todo el eje y la rotación tiene por base el hombro.
4. **Tórax** Un movimiento hacia adelante, hacia atrás, hacia los lados, o movimiento de gozne del tórax.
5. **Pie.** Aquí, se incluyen aquellos movimientos del pie que giran alrededor del tobillo, mientras que la parte superior e inferior de la pierna permanecen fijas.

Cuanto se han ocupado de los datos fundamentales de movimientos, se han dado cuenta del elemento distancia en la ejecución de alcanzar y mover y, de hecho, en todos los movimientos. Cuanto mayor sea la distancia, mayor será el tiempo requerido. Work-Factor ha tabulado valores, desde una pulgada, hasta cuatro pulgadas, para los movimientos de dedos y manos, y para movimientos del brazo, desde una pulgada, hasta cuarenta. Se miden las distancias en líneas rectas del punto donde comienza, hasta el punto donde termina el arco del movimiento. El camino verdadero del movimiento se mide sólo cuando existe un cambio de dirección.

A continuación, tenemos la lista de puntos que indican la distancia a que deben ser medidos para los distintos miembros del cuerpo:

<i>Miembro del Cuerpo</i>	<i>Punto de Medición</i>
Dedo o mano	Yemas de los dedos
Brazo	Nudillos (hay que usar nudillos que se alejen más)
Giro del antebrazo	Nudillos
Tórax	Hombro
Pie	Dedo del pie
Pierna	Tobillo
Giro de cabeza	Nariz

El peso y la resistencia influirán en el tiempo, de acuerdo con el tamaño de la parte que se mueve, del miembro del cuerpo que se usa, y del sexo del operario. Se mide en libras, para todos los miembros del cuerpo, excepto para "giro del antebrazo", en donde las medidas del movimiento son libras-pulgadas de torsión.

La variable más difícil de cuantificar es el control manual. Sin embargo, el sistema Work-Factor concluyó que, en la mayoría de los casos, los movimientos de trabajo incluyen uno o más de los siguientes tipos de control:

1. **Paro Definitivo Work-Factor.** Se requiere algún control manual para detener un movimiento, dentro de un intervalo fijo. Paro definitivo no existe cuando el movimiento está determinado por un tope físico. El movimiento debe de terminarse por coordinación muscular del operario.
2. **Control Direccional o Manejo Work-Factor.** Se necesita control manual para llevar o guiar a una parte a un sitio específico, o hacer un movimiento a través de una área con espacio libre limitado.

3. **Cuidado o Precaución Work-Factor.** Se ejercita control manual para evitar derrames o daños, como mover un pomo liso de plástico, o manejar una pieza de cristal delgado.
4. **Cambio de Dirección Work-Factor.** Aquí, se ejercita control manual cuando el movimiento contiene un cambio de dirección para alcanzar un sitio remoto, o evitar un obstáculo. Por ejemplo, para mover una fuerza en la parte trasera de un panel, se requerirá un cambio de dirección, una vez que la mano en movimiento llegue al frente del panel.

Se ha definido un "work-factor" como el índice de tiempo adicional requerido sobre, y más allá, del tiempo básico. Es una unidad para identificar el efecto de las variables, control manual y peso. Las otras dos variables que afectan los movimientos de las manos -miembro del cuerpo que se utiliza y distancia- no emplean "work-factor" como medida de magnitud. En este caso, el miembro que se utiliza y las pulgadas representan la unidad de medición. Los movimientos más simples o básicos de un miembro del cuerpo no contienen, tampoco work-factores. Se añaden work-factores en cuanto se aumenta la complejidad en el movimiento manual, añadiendo peso o control, y naturalmente, cada work-factor representa un aumento de tiempo.

La Tabla XXVI ilustra tiempo de movimientos Work-Factor, incluyendo todos los valores para Work-Factor movimiento-tiempo. Nótese que existe una tabla separada para cada miembro del cuerpo, y que cada tabla contiene valores por distancia. La distancia de los movimientos giratorios del antebrazo está indicada en grados, mientras que todo el resto de los movimientos se expresa en pulgadas. Al pie de cada tabla están los datos de peso tabulados, dando límites de peso y de resistencia para hombres y para mujeres.

La sección de la resistencia del movimiento circular del antebrazo está dada en libras-pulgadas de torsión, mientras que el resto se da en libras. La tabla proporciona la resistencia máxima encontrada que puede considerarse básica y también, los valores máximos para un número específico de Work-Factors.

El sistema Work-Factor divide los trabajos, en ocho "Elementos Estándar de Trabajo". Estos son:

1. Transporte (alcanzar y mover).
2. Sujetar
3. Colocar
4. Ensamble
5. Uso
6. Desensamble
7. Proceso mental (inspección, reacción, etc)
8. Soltar

1. *Transporte.* El elemento transportar es el elemento conectar entre los otros elementos estándar, y se divide en dos clasificaciones:

- a) **Alcanzar:** Cuando un miembro del cuerpo se coloca para dirigirse a su destino, sitio u objeto.
- b) **Mover:** Cuando un miembro del cuerpo se coloca para transportar un objeto.

TABLA XXVII

TABLA WORK - FACTOR (R) PARA OPERACIONES COMPLEJAS DE SUJER

TAMAÑO (Dimencion o tonalidad mayor)	SOLIDOS Y MENSURAS		OBJETOS DE LIGADOS Y PLANOS		ESPESOR		SUJETAR COMPLEJOS DE MOVIONES AL VARI		DIAMETRO		CILINDROS Y SOLIDOS EN SECCIONES TRANSVERSALES REGULARES		ANILLOS Sujetar Objetos			
	(Espesor mas de 3/64 "(0469)"))		(V. enos de 1/54)		(1/64 to 3/64)		(1/64 to 3/64)		0.0625"		.0625" to .125"		.1251" to .1875"		.1875" to .5001" mayor (over 1/2)	
	0-0156"		0-0156"		0-0156"		0-0156"		Ciego		Ciego		Ciego		Ciego	
	Visual		Visual		Visual		Visual		Ciego		Ciego		Ciego		Ciego	
1/2" y menos over 1/4" a 1/8"	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
de 1/2" a 3/4"	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
de 3/4" a 1 1/4"	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
de 1 1/4" a 1 1/2"	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
de 1 1/2" to 1"	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
de 1" a 4"	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
4.0001" & up	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

B - Anillo que alguna "Ciego", ya que no hay ventaja alguna en el sujeción visual. S = Anillo que se le separa, (h) es un anillo que se le separa, (a) es un anillo que se le separa, (b) es un anillo que se le separa, (c) es un anillo que se le separa. Añada la tolerancia indicada cuando los objetos (a) están empujados (sin que requieran dos manos para que se les separe), (b) es un anillo que se le separa, (c) es un anillo que se le separa. Cuando los objetos sean tanto empujados como resbalosos, o amidados y resbalosos, aplique el doble del valor de la tabla. Nota: Condiciones especiales de sujeción deben analizarse en detalle.

TABLA XXVI

Tabla de factor de Trabajo de Tiempos de Movimientos para
Time Analysis Detallado mts

Distancia movida, pulgadas	Basico	Factor Trabajo				Distancia movida, pulgadas	Basico	Factor Trabajo			
		1	2	3	4			1	2	3	4
(A) Brazo, medido en los nudillos						(L) Pierna, medido en el tobillo					
1	18	26	31	40	50	1	21	30	39	46	53
2	20	29	37	44	50	2	23	33	42	51	58
3	22	32	41	50	57	3	26	37	48	57	65
4	26	38	48	58	66	4	30	43	55	66	76
5	29	43	55	65	75	5	34	49	63	75	86
6	32	47	60	72	83	6	37	54	69	83	95
7	35	51	65	78	90	7	40	59	75	90	103
8	38	54	70	81	96	8	43	63	80	96	110
9	40	58	71	89	102	9	46	66	85	102	117
10	42	61	78	93	107	10	48	70	89	107	123
11	44	63	81	98	112	11	50	72	91	112	129
12	46	65	85	102	117	12	52	75	97	117	131
13	47	67	88	105	121	13	54	77	101	121	139
14	49	69	90	109	125	14	56	80	104	125	141
15	51	71	92	113	129	15	58	82	106	130	149
16	52	73	94	115	133	16	60	84	108	133	153
17	54	75	96	118	137	17	62	86	111	135	158
18	55	76	98	120	140	18	63	88	113	137	161
19	56	78	100	122	142	19	65	90	115	140	164
20	58	80	102	124	144	20	67	92	117	142	166
22	61	83	106	128	148	22	70	96	121	147	171
24	63	85	109	131	152	24	73	99	126	151	175
26	65	88	113	135	156	26	75	103	130	155	179
28	68	93	116	139	159	28	78	107	134	159	183
30	70	96	119	142	163	30	81	110	137	163	187
35	76	103	128	151	171	35	87	118	147	173	197
40	81	109	135	159	179	40	93	126	155	182	206
Peso, libras Hombre 2 7 13 20 Up Mujer 1 1 6 10 Up						Peso, libras Hombre 8 42 Up Mujer 4 21 Up					
(T) Tronco, medido en el hombro						(F, H) Dedo-mano, medido en la punta de los dedos					
1	28	38	49	58	67	1	16	23	29	35	40
2	29	42	53	64	73	2	17	25	32	38	44
3	32	47	60	72	82	3	19	28	36	43	49
4	38	56	70	81	96	4	23	33	42	50	58
5	43	62	79	95	109	Peso, libras Hombre 2 1/2 3 4 Up Mujer 1 1/2 2 2 Up					
6	47	68	87	107	120	(FT) Pie, medido en los dedos					
7	51	74	95	114	130	1	20	29	37	44	51
8	54	79	101	121	139	2	22	32	40	48	55
9	58	81	107	128	147	3	24	35	45	55	63
10	61	85	113	135	155	4	29	41	53	64	73
11	63	91	118	141	162	Peso, libras Hombre 5 22 Up Mujer 2 1/2 11 Up					
12	66	94	123	147	169	(FS) Pivoteo del antebrazo, medido en los nudillos					
13	68	97	127	153	175	45 grados	17	22	28	32	37
14	71	100	130	158	182	60 grados	23	30	37	43	49
15	73	103	133	163	188	75 grados	26	35	44	52	58
16	75	105	136	167	193	90 grados	31	40	49	57	65
17	78	108	139	170	199	Toque, libras pulgada Hombre 3 13 Up Mujer 1 1/2 6 1/2 Up					
18	80	111	142	173	203	Inspección visual Inspecc 20 Reac 20					
19	82	113	145	176	206	Circulo de la Cabeza 45 grados 40 90 grados 60					
20	84	116	148	179	209	unidad de tiempo = 0.0001 segundos tiempo = 0.001 minutos = 0.0001 horas					

2. *Sujetar.* El elemento sujetar es el acto de obtener control manual de un objeto; comienza cuando la mano se ha movido directamente hasta el objeto, y termina cuando se ha obtenido el control manual y puede ejecutarse un movimiento. El sistema Work-Factor reconoce tres clases de sujetar:

- a) *Sujetar simple:* Que se usa en objetos fáciles de ser sujetados y no requiere sino un sólo movimiento simple.
- b) *Sujetar Manipulativo:* Que comprende todos los sujetar de objetos ordenados, o aislados, que requieren más de un movimiento de los dedos para controlarlos. Puede, también, comprender movimientos de brazos, varios movimientos de dedos, o combinación de ambos.
- c) *Sujetar Complejo:* Se define como el Sujetar un objeto de un montón desordenado. El sistema proporciona una tabla completa de Sujetar Complejos. Sujetar Complejos comprenden más de un movimiento, y, algunas veces, incluye movimientos del brazo.

Los objetos que se sujetan están clasificados como:

- a) *Cilindros y Sólidos de Secciones Transversales Regulares:* Definidos como todo objeto que tiene secciones transversales regulares o cilíndricas (todos los lados y los ángulos iguales) tales como: cuadrados, exágonos, etc.
- b) *Objetos Delgados y Planos:* todos los objetos planos con una dimensión efectiva de 3/64 de pulgada, o menos, de espesor.
- c) *Sólidos y Soportes:* Definidos como los objetos de más de 3/64 pulgadas de espesor, no clasificados como cilindros u objetos planos delgados.

3. *Colocación previa.* La Colocación Previa ocurre siempre que es necesario volver u orientar un objeto, para que esté en posición correcta para un elemento subsiguiente. La Colocación previa ocurre, frecuentemente, como una base de porcentaje. Ya que algunas veces el objeto estará en una posición útil, otras veces tendrá que ser orientado. Un ejemplo sería un clavo (.100 pulg x 3/4 de pulg.) En el 50% de los casos, podrá tomarse en una posición útil. En el restante 50% de los casos, tendrá que ser colocado previamente. Aplicando la Tabla de colocación previa del Work-Factor, el análisis sería: PP-0-50%=24 unidades.

4. *Ensamble.* El ensamble acontece siempre que dos o más objetos han unirse uno al otro, generalmente engranando o enclufando. El sistema proporciona una tabla de ensamble completa. El tiempo de ensamble depende de:

- a) *Tamaño del Objeto:* Se considera como objetivo la parte del ensamble que acepta el enchufe.
- b) *Dimensiones del enchufe:* Se considera un enchufe la parte del ensamble que se ajusta al objetivo.
- c) *Relación Enchufe Objetivo:* La dificultad y, por ende, el tiempo del ensamble, aumentan en la relación en que las dimensiones del enchufe se acercan a las dimensiones del objetivo. Por lo tanto, el tiempo de ensamble está en función de la relación enchufe objetivo.

Tabla XXVIII
COLOCACION PREVIA

NUMERO DE PUNTOS PARA USO SATISFACITORIO	POR CIENTO REQUERIDOS PP	TIPO DE COLOCACION PREVIA				
		Optimo (3 8" o mas)	Muy pequeño (3 8" a 3 11 2")	Mediano (3 12 x 1 2)	Mediano Do. Mano (Mas de 3 x 2)	Grande Do. Mano (Mas de 3 x 8)
Dos o mas lados hacia arriba						
Cuatro, tres o dos puntos opuestos	0					
Dos puntos adyacentes	25	12	20	16	18	25
Sólo un punto	50	21	40	32	35	50
Un lado específico hacia arriba						
Cuatro, tres o dos puntos opuestos	50	24	40	32	35	50
Dos puntos adyacentes	62 1/2	30	50	40	44	63
Sólo un punto	75	36	60	48	53	75
Del montón etc	100	48	80	64	70	100

1 PP movimiento de mas de un dedo o de una vuelta del antebrazo no pueden hacerse simultaneo con un movimiento
 2 Tope para terminar PP en los dedos, 311 = 50%, 24 unidades
 3. Otros PP deben de analizarse. La tabla es una guía

$$\frac{\text{Dimensión del enchufe}}{\text{Dimensión del objetivo}} = \text{Relación enchufe-objetivo.}$$

- d) *Tipo (forma) del Objetivo:* Hay dos tipos de objetivos en la terminología Work-Factor-abiertos y cerrados. Objetivos cerrados son aquellos que están cerrados alrededor del perímetro, de tal manera que los movimientos de alineación se requieren a lo largo de dos ejes. Objetivos abierto son aquellos que sólo requieren movimientos de alineación en un solo eje.

Cuando se conocen todos los factores enumerados, resulta fácil determinar, por medio de la tabla, el tiempo de ensamble.

Se añaden tolerancias, por dificultades mayores, debidas a la distancia entre los objetos (dos al mismo tiempo), distancia de agarre (la distancia de la mano al fin del enchufe); y objetivo ciego (cuando el objetivo es ciego antes o durante el ensamble).

5. *Uso.* Este elemento se refiere, casi siempre, a tiempo de máquina, tiempo de proceso especial, y tiempo que involucra el uso de herramientas. El Uso puede comprender movimientos manuales, como para apretar una tuerca con una llave, o atarajear un tubo; en tales casos, los movimientos tienen que ser analizados y evaluados de acuerdo con todas las reglas y los valores de tiempos obtenidos en las tablas de movimiento-tiempo

6. *Desensamble.* Como su nombre lo indica, el desensamble es opuesto al ensamble. Casi siempre es un movimiento único. Los valores de tiempo se toman de la tabla de movimiento-tiempo

TABLA XXIX
Work Factor @ Tabla de Ensamblaje

DIÁMETRO DEL LIMITE	PROCESO DE ALINEAMIENTOS (MOVIMIENTOS A I S)										
	LIMITE CERRADOS					LIMITE ABIERTOS					
	Relación del diámetro del macho -- al diámetro del limbo		Relación del diámetro del macho -- al diámetro del limbo		Relación del diámetro del macho -- al diámetro del limbo		Relación del diámetro del macho -- al diámetro del limbo		Relación del diámetro del macho -- al diámetro del limbo		
	A	225 a 290	415 a 500	900 a 974	1000 a 1000	A	274	225 a 290	415 a 500	900 a 974	1000 a 1000
375" a 424"	0-1 (0-1)	18 (18)	25 (25)	51 (1/4)***	59 (1/4)***	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (1/4)***	51 (1/4)***
425" a 474"	1-1 (1-1)	18 (18)	25 (25)	51 (1/4)***	59 (1/4)***	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (1/4)***	51 (1/4)***
475" a 524"	1-1 (1-1)	18 (18)	25 (25)	51 (1/4)***	59 (1/4)***	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (1/4)***	51 (1/4)***
525" a 574"	1-1 (1-1)	18 (18)	25 (25)	51 (1/4)***	59 (1/4)***	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (1/4)***	51 (1/4)***
575" a 624"	1-1 (1-1)	18 (18)	25 (25)	51 (1/4)***	59 (1/4)***	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (1/4)***	51 (1/4)***
625" a 674"	1-1 (1-1)	18 (18)	25 (25)	51 (1/4)***	59 (1/4)***	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (1/4)***	51 (1/4)***
675" a 724"	1-1 (1-1)	18 (18)	25 (25)	51 (1/4)***	59 (1/4)***	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (1/4)***	51 (1/4)***
725" a 774"	1-1 (1-1)	18 (18)	25 (25)	51 (1/4)***	59 (1/4)***	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (1/4)***	51 (1/4)***
775" a 824"	1-1 (1-1)	18 (18)	25 (25)	51 (1/4)***	59 (1/4)***	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (1/4)***	51 (1/4)***
825" a 874"	1-1 (1-1)	18 (18)	25 (25)	51 (1/4)***	59 (1/4)***	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (1/4)***	51 (1/4)***
875" a 924"	1-1 (1-1)	18 (18)	25 (25)	51 (1/4)***	59 (1/4)***	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (1/4)***	51 (1/4)***
925" a 974"	1-1 (1-1)	18 (18)	25 (25)	51 (1/4)***	59 (1/4)***	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (1/4)***	51 (1/4)***
975" a 1000"	1-1 (1-1)	18 (18)	25 (25)	51 (1/4)***	59 (1/4)***	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (18)	18 (1/4)***	51 (1/4)***

* Las letras indican Work Factor en movimiento precediendo al Ensamblaje
 ** Requiere A I S hacia arriba para todas las relaciones de 0.960 y mayores (Los valores de la tabla incluyen de A I S hacia arriba)
 *** Requiere A (V) S hacia arriba y A (Z) P insertada para todas las relaciones de 0.935 y mayores (La tabla incluye valores de A I S hacia arriba y A I P insertados)

7. *Proceso Mental.* Esto se aplica a toda actividad y proceso mentales. Es el intervalo de tiempo en que tiene lugar la reacción y los impulsos nerviosos.

Los procesos mentales que pueden ser medidos son:

- | | |
|-------------------------|----------|
| Movimientos de los Ojos | Calcular |
| Afocar | Leer |
| Cambiar | Acción |
| Reacciones | Concepto |
| Inspecciones | |
| Calidad | |
| Cantidad | |
| Identidad | |

8. *Soltar.* Soltar es lo opuesto de sujetar y es el acto de abandonar el control de un objeto. Hay tres tipos:

- Contacto: Soltar de contacto no comprende ningún movimiento, es simplemente separar la mano del objeto
- Gravedad: Soltar por gravedad ocurre cuando los objetos caen del sujetar, al romperse el contacto, y antes que los movimientos de soltar de los dedos se completen
- Desenvolver: Soltar desenvolviendo comprende el desenvolviendo de los dedos del contorno del objeto sostenido, que no se completa, hasta que los movimientos de desenvolver han terminado.

Todos los valores de tiempo de la tabla de movimiento-tiempo Work-Factor, están dados en .0001 de minuto. Estos valores están en términos de tiempo selecto, que se define como: "el tiempo que requiere un operario medio y experimentado, trabajando con buena habilidad y esfuerzo (conmensurado con buena salud, bienestar físico y mental), para ejecutar una operación en una unidad o pieza". Para determinar el tiempo estándar, el analista tiene que añadir tolerancias a los valores Work-Factor, ya que el tiempo selecto no incluye tolerancias por necesidades personales, fatiga, retrasos inevitables o tolerancias para incentivo. La figura 19-1 reproduce la división típica de los elementos del estudio de una operación de corte de una prensa Bliss de doble acción de 240 toneladas.

Los símbolos empleados en este análisis significan lo siguiente:

- | | |
|--------------------------------|---------------------|
| W—Peso o resistencia | A—Brazo |
| S—Control direccional o manejo | L—Pierna |
| P—Precaución o cuidado | T—Tórax |
| U—Cambio de dirección | F—Dedos |
| D—Parada definitiva | Ft—Pie |
| | FS—Antebrazo |
| | H—Mano |
| | HT—Volver la cabeza |

NOMBRE DE LA OPERACION		Bistijador Oldsmobile 1a Operación de punzonado, (Dado de 2 pasadores)		ANALISTA WORK FACTOR	
EQUIPO		Máquina No 1031 Punzonadora Bliss de Doble Acción de 240 Tons 72.5 RPM		A B Suarez	
MATERIAL		Acero CR-Tk, 0.050 0.003 0.4 19.25" Peso 4.09 lbs		HOJA 1 DE 1	
MANO IZQUIERDA		Tiempo		MANO DERECHA	
No.	Descripción de Elemento	Notación	Tiempo Acumulado	Tiempo Notación	Descripción de Elemento
11	Alcanzar el centro del disco	A12D	0.000	0.000	Alcanzar el centro del disco
12	Sujeta el disco	S12D	0.000	0.000	Sujeta el disco
13	Levantar el disco	L12D	0.000	0.000	Levantar el disco
14	Apoyar el disco	A12D	0.000	0.000	Apoyar el disco
15	Soltar el disco	S12D	0.000	0.000	Soltar el disco
16	Alcanzar el centro del disco	A12D	0.000	0.000	Alcanzar el centro del disco
17	Sujeta el disco	S12D	0.000	0.000	Sujeta el disco
18	Levantar el disco	L12D	0.000	0.000	Levantar el disco
19	Apoyar el disco	A12D	0.000	0.000	Apoyar el disco
20	Soltar el disco	S12D	0.000	0.000	Soltar el disco
21	Alcanzar el centro del disco	A12D	0.000	0.000	Alcanzar el centro del disco
22	Sujeta el disco	S12D	0.000	0.000	Sujeta el disco
23	Levantar el disco	L12D	0.000	0.000	Levantar el disco
24	Apoyar el disco	A12D	0.000	0.000	Apoyar el disco
25	Soltar el disco	S12D	0.000	0.000	Soltar el disco
26	Alcanzar el centro del disco	A12D	0.000	0.000	Alcanzar el centro del disco
27	Sujeta el disco	S12D	0.000	0.000	Sujeta el disco
28	Levantar el disco	L12D	0.000	0.000	Levantar el disco
29	Apoyar el disco	A12D	0.000	0.000	Apoyar el disco
30	Soltar el disco	S12D	0.000	0.000	Soltar el disco
31	Alcanzar el centro del disco	A12D	0.000	0.000	Alcanzar el centro del disco

Fig 19-1

En un estudio Work-Factor, el analista hace, ante todo, una lista de los movimientos ejecutados por ambas manos y que son necesarios para efectuar el trabajo; a continuación, identifica cada movimiento, en términos de distancia recorrida, miembro del cuerpo utilizado, y Work-Factors involucrados. Al anotar distancias, no se consideran fracciones de pulgada. De este modo, los movimientos de una pulgada o menos, se anotan como si fuera exactamente de una pulgada, y los movimientos mayores de una pulgada, se anotan en pulgadas completas. A continuación, elige la cifra apropiada para obtener el tiempo total requerido por el operario normal para ejecutar su tarea.

Al total, debe añadir el porcentaje de tolerancias por retrasos personales, fatiga y retrasos inevitables, para determinar el tiempo asignado.

Sistema Simplificado Work-Factor

El sistema simplificado Work-Factor está diseñado para medir el trabajo en donde los ciclos son de más de 15 minutos y donde no se requiere máxima exactitud. En vez de anotar movimientos y tiempos individuales, como en el análisis detallado, el análisis simplificado emplea unidades de tiempo mayores. Esto proporciona un instrumento, con una ventaja considerable de velocidad, cuando se aplican a trabajos de ciclos largos.

Este sistema puede predecir una elemental técnica de tiempos para trabajos no repetitivos y operaciones del tipo de taller.

Los tiempos de las tablas simplificadas son promedios seleccionados, y pueden verse, minuciosamente, en las tablas detalladas. Los valores simplificados de los tiempos serán, generalmente, del 0-5 por ciento más alto que el detallado.

Las reglas para el sistema detallado se aplican, esencialmente, al método simplificado, con pocas excepciones menores. La tabla Simplificada Work-Factor incluye.

1. Una tabla para movimientos de transporte, aplicable a todos los miembros del cuerpo. Los valores de tiempo están clasificados en grupos, y las tolerancias para 2-3 y 4 factores se promedian en valores simples.
2. La tabla de Sujetar en lista las unidades Work-Factor, para seis tipos diferentes de Sujetar que son: con variaciones para condiciones visuales, simo, enredado, enchufado, y condiciones resbalosas. Esos valores cubren los diversos valores para Sujetar simples, complejo o manipulativos. Tres de los seis valores se aplican a Sujetar complejo, clasificados como medio, difícil y muy difícil, de acuerdo con el tipo y el tamaño del objeto que se Sujeta. Se suministra una tabla de clasificación de partes, como guía objetivo para la clasificación de los Sujetar y levantar.
3. Una tabla de movimientos de Levantar ofrece valores simplificados de tiempos que combinar, los elementos estándar, Transporte y Sujetar, en valores para levantar objetos (esto es, la secuencia de los movimientos, alcanzar un objeto, sujetarlo y moverlo a otro sitio). También, puede aplicarse la tabla para movimientos de "dejar aparte". (Es decir: la secuencia mover objeto a otro sitio, soltarlo y alcanzar el siguiente punto de la operación).
4. Una tabla de colocaciones previas, semejante a la del método detallado.
5. Una tabla de ensambles en forma condensada.
6. Una tabla de inspección visual.
7. Una tabla de movimientos de Soltar con valores para seis situaciones diferentes.
8. Se suministran valores simplificados para caminar, dar vuelta y aplicar presión.

Sistema Abreviado Work-Factor

El Sistema Work-Factor abreviado es una técnica de aplicación rápida para determinar el tiempo aproximado que se requiere para ejecutar la porción manual de cualquier trabajo. Lo mismo puede aplicarse a trabajos caseiros, de oficina, campo o fábrica. Es particularmente ventajoso para calcular, por anticipado, el costo de la mano de obra de cualquier tipo de trabajo, antes de comenzar la producción real. Puede aplicarse para establecer tarifas de incentivos, en pequeñas cantidades no repetitivas, o en operaciones de ciclos largos.

El sistema abreviado Work-Factor es conveniente para estudiar opera-

ciones de duración de muchos minutos u horas. En algunas circunstancias, las descripciones de los movimientos y los valores de tiempo se aplican con la misma rapidez con que el operario ejecuta su tarea. De aquí que, al terminar el primer ciclo de la operación, puede quedar, esencialmente completo, el tiempo estándar. La velocidad con que puedan hacerse las aplicaciones del sistema abreviado depende de la exactitud que se requiera, la habilidad del analista y la naturaleza del trabajo que se estudie.

Los valores abreviados están recopilados de tal manera que, si en ciertos casos se llega a sacrificar la exactitud, el tiempo asignado será más bien holgado que demasiado estrecho. Por esta razón, los estándares permiten mayor tiempo global que el asignado por los sistemas Work-Factor detallado o simplificado. Este sistema de un promedio de 12 por ciento más de tiempo que, el detallado.

Sistema Fácil (Ready Work-Factor)

Aún cuando la técnica del sistema Fácil es menos precisa que la del detallado, hasta el día de hoy la experiencia enseña que las desviaciones, con respecto al detallado, no son considerables, y que, los valores de tiempo resultantes, pueden aplicarse a un rango muy extenso de aplicaciones.

La técnica "fácil" emplea la unidad fácil de .0010 minutos (10 unidades Work-Factor), como su unidad de tiempo.

Todas las unidades en el sistema de Tablas de Tiempo del Work-Factor Fácil son simples números colocados en secuencia, fácil de recordar, tales como: 1, 2, 3, y 4, o 3, 5, 7, 9, y 11.

Sólo se emplean unas cuantas reglas de aplicación sencilla, que se explican en el manual Work-Factor Fácil.

Se ofrecen, como guías simples ilustraciones del análisis correcto de cada uno de los elementos estándar. Se utilizan objetos que a todos son familiares, tales como un lápiz, un ladrillo, una lavadora, etc., y estos objetos forman un conjunto de referencias para la aplicación correcta del método. Es relativamente fácil, para un analista, decidir si el elemento específico que analiza es más difícil o más fácil de evaluar que los puntos guías.

A pesar de su sencillez, de su terminología gráfica y del número mínimo de valores de tiempo, el Sistema Work-Factor Fácil crea, en la mente de quienes lo emplea, una relación entre el trabajo y el tiempo. Los valores de tiempo llegan a hacerse conceptos familiares, que se aplican fácilmente en la práctica o en la conversación. La persona práctica que aprende a utilizar el Work-Factor Fácil aprende a visualizar el tiempo, con la misma facilidad con que reconoce las herramientas y los materiales.

Medición de Tiempos de Métodos (Methods-Time Measurement M.T.M.)

En 1913 se publicó el texto *Medición de Tiempos de Métodos*, que daba valores de tiempo para los movimientos fundamentales de Alcanzar, Mover, Girar, Sujetar, Colocar, Desunir y Soltar⁶. Los autores han definido a

⁶ H. B. Maynard, G. J. Stegemerten, y J. L. Schwab, *Methods-Time Measurement* (Nueva York: McGraw-Hill Book Co., 1948)

M.T.M. como: "Un procedimiento que analiza toda operación manual, o método, en los movimientos básicos requeridos para ejecutarlo, y asigna, a cada movimiento, un tiempo estándar predeterminado el cual se determina por la naturaleza del movimiento y las condiciones bajo las que se ejecuta".

Los datos M.T.M., como los work-factor, son el resultado del análisis, cuadro a cuadro, de películas sobre una área muy diversificada de trabajos. Los datos tomados, a cada película, fueron luego "nivelados" (ajustados al tiempo requerido por un operario medio) por medio de la técnica Westinghouse. Este método de calificación de actuaciones se explica en el capítulo 15 de este texto. Los datos fueron luego tabulados y analizados, para determinar el grado de dificultad causada por características variables. Por ejemplo, se encontró que, no sólo la distancia, sino también el tipo de Alcanzar, afectaba al tiempo del "Alcanzar". Análisis posteriores parecían indicar que había cinco casos distintos de Alcanzar, y que cada uno de ellos requería diversas asignaciones de tiempo para ser ejecutados a una distancia determinada. Estos son:

1. Alcanzar el objeto en su sitio determinado, o un objeto que se encuentra en otra mano, o un objeto en el que se apoya la otra mano.
2. Alcanzar un objeto simple en una colocación que puede variar un poco en cada ciclo.
3. Alcanzar un objeto mezclado con otros objetos, de modo que sean necesarios la Búsqueda y Selección.
4. Alcanzar un objeto muy pequeño, o para el que se necesita un Sujetar preciso.
5. Alcanzar hacia un sitio indefinido para poner la mano en posición para balancear el cuerpo, o para el siguiente movimiento, o fuera de camino.⁷

También el tiempo de Mover resultó influenciado, no sólo por la distancia y el peso del objeto movido, sino también por el tipo específico de movimiento. Se encontraron tres casos de Mover. Estos fueron:

1. Mover objeto a la otra mano o hasta un tope.
2. Mover objeto hasta un sitio aproximado o indefinido. 440
3. Mover objetos a un sitio exacto.⁸

La Tabla XXX resume los valores M.T.M. desarrollados hasta ahora. Se notará que los valores de tiempo del therblig Sujetar varían del 2.0 T.M.U. a 12.9 T.M.U. (1 T.M.U. es igual a .00001 de hora), dependiendo de la clasificación del Sujetar. De la misma manera, hay dos casos de Soltar y dieciocho casos de Colocar que tienen influencia sobre el tiempo.

Los pasos que hay que dar para aplicar la técnica M.T.M. son semejantes a los de Work-Factor. En primer término, el analista resume todos

⁷ Ibídem

⁸ Ibídem

⁹ Ibídem

TABLA XXX

TABLA I - ALCANZAR - R

Distancia movida en pulgadas	Tiempo TMU				Mano de Movimiento		CASO Y DESCRIPCION
	A	B	Cor D	E	A	B	
0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.6	1.6	<p>A Alcanzar un objeto en sitio fijo o en el que cambia o en el que desliza la otra mano</p> <p>B Alcanzar un objeto único en un sitio que puede cambiar ligeramente de ciclo a ciclo</p> <p>C Alcanzar objeto mezclado con otros objetos por lo que son necesarios buscar y seleccionar</p> <p>D Alcanzar un objeto muy pequeño o en donde se requiere sujetar muy exacto</p> <p>E Alcanzar en sitio indefinido para poner la mano en posición para balancear el cuerpo o el siguiente movimiento o fuera de camino</p>
1	2.5	2.5	3.6	2.3	2.3	2.3	
2	4.0	4.0	5.9	3.8	3.5	2.7	
3	5.3	5.3	7.3	5.3	4.5	3.5	
4	6.1	6.4	8.4	6.8	4.9	4.3	
5	6.5	7.8	9.4	7.4	5.3	5.0	
6	7.0	8.6	10.1	8.0	5.7	5.7	
7	7.4	9.3	10.8	8.7	6.1	6.5	
8	7.9	10.1	11.5	9.3	6.5	7.2	
9	8.3	10.9	12.2	9.9	6.9	7.9	
10	8.7	11.5	12.9	10.5	7.3	8.6	
12	9.5	12.9	14.2	11.8	8.1	10.1	
14	10.2	14.4	15.6	13.0	8.9	11.5	
16	11.1	15.8	17.0	14.2	9.7	12.9	
18	12.3	17.2	18.4	15.5	10.5	14.4	
20	13.1	18.5	19.8	16.7	11.3	15.8	
22	14.0	20.1	21.2	18.0	12.1	17.3	
24	14.9	21.5	22.5	19.2	12.9	18.8	
26	15.8	22.9	23.9	20.4	13.7	20.2	
28	16.7	24.4	25.3	21.7	14.5	21.7	
30	17.5	25.8	26.7	22.9	15.3	23.2	

TABLA II - MOVER - M

Distancia movida en pulgadas	Tiempo TMU				Tolerancia de peso			CASO Y DESCRIPCION
	A	B	C	Hand In Motion B	Peso (lb) hasta	Factor	Constante TMU	
0	2.0	2.0	2.0	1.7	2.5	0	0	<p>A Mover objeto a otra mano o contra tope</p> <p>B Mover objeto a sitio aproximado o indefinido</p> <p>C Mover objeto a sitio exacto</p>
1	2.5	2.9	3.4	2.3	7.5	1.05	2.2	
2	3.6	4.6	5.2	2.9				
3	4.4	5.7	6.7	3.6				
4	6.1	6.9	8.0	4.1				
5	7.3	8.0	9.2	5.0				
6	8.1	8.9	10.3	5.7				
7	8.9	9.7	11.1	6.5				
8	9.7	10.6	11.8	7.2				
9	10.6	11.5	12.7	7.9				
10	11.3	12.2	13.5	8.6				
12	12.9	13.4	15.2	10.0				
14	14.4	14.5	16.3	11.4				
16	15.9	15.8	18.7	12.6				
18	17.1	17.0	20.1	14.2				
20	18.2	18.2	22.1	15.6				
22	19.3	19.1	23.8	17.0				
24	20.4	20.5	25.5	18.4				
26	21.9	21.8	27.3	19.8				
28	23.5	23.1	29.0	21.2				
30	24.4	24.3	30.7	22.7				

TABLA III - GIRAR Y APLICAR PRESION - T y AP

Peso	Punto de giro	Tiempo en TMU en grados de giro										
		30°	45°	60°	75°	90°	120°	135°	150°	165°	180°	
Pequeño - 0 to 2 libras		2.9	3.5	4.1	4.7	5.4	6.1	7.3	7.1	8.1	8.7	9.4
Mediano - 2.1 to 10 libras		4.4	5.5	6.5	7.5	8.5	9.6	10.7	11.5	12.7	13.7	14.8
Grande - 10.1 to 35 libras		8.4	10.5	12.1	14.4	16.2	18.3	20.4	22.2	24.1	26.1	28.2

APLICAR PRESION CASO 1 - 16.2 TMU APLICAR PRESION CASO 2 - 10.6 TMU

TABLA IV - SUJETAR - G

Caso	TIEMPO TMU	DESCRIPCION
1A	2.0	Sujeta el objeto de la mano que se mueve y se sujeta con la otra mano.
1B	3.5	Objeto muy pequeño que está sujeto con la mano que se mueve.
1C1	7.3	Objeto pequeño con una parte que se mueve y se sujeta con la otra mano.
1C2	8.7	Objeto pequeño con una parte que se mueve y se sujeta con la otra mano.
1C3	10.6	Objeto pequeño con una parte que se mueve y se sujeta con la otra mano.
2	5.6	Sujeta el objeto con la mano que se mueve y se sujeta con la otra mano.
3	5.6	Sujeta el objeto con la mano que se mueve y se sujeta con la otra mano.
4A	7.3	Objeto pequeño que se sujeta con la mano que se mueve y se sujeta con la otra mano.
4B	9.1	Objeto pequeño que se sujeta con la mano que se mueve y se sujeta con la otra mano.
4C	12.9	Objeto pequeño que se sujeta con la mano que se mueve y se sujeta con la otra mano.
5	0	Sujeta el objeto con la mano que se mueve y se sujeta con la otra mano.

TABLA V - COLOCAR - P

Clase de ajuste	Simetría	Facil de manipular	Dificil de manipular	
1-Flojo	No se requiere precisión	S	5.6	11.2
		SS	9.1	14.7
		NS	10.4	16.0
2-Cerrado	Se requiere ligera presión	S	19.2	21.8
		SS	19.7	25.3
		NS	21.0	23.6
3-Exacto	Se requiere fuerte presión	S	43.0	48.6
		SS	46.5	52.1
		NS	47.8	53.4

* Distancia movida para aceptar — 1" o menos

TABLA VI - SOLTAR - RL

Caso	Tiempo TMU	DESCRIPCION
1	2.0	Soltar normal abriendo las manos como movimiento independiente
2	0	Soltar por contacto

TABLA VII - DESACOPAR - D

Clase de ajuste	Fácil de manipular	Dificil de manipular
1-Flojo — Esfuerzo leve se funda con el siguiente movimiento	4.0	5.7
2-Cerrado — Esfuerzo normal requiere tiempo	7.5	11.0
3-Ajustado — Esfuerzo fuerte se abala mano movida independientemente	22.9	34.7

TABLA VIII - TIEMPO DE PERCORRIDO Y ENFOQUE DEL OJO

Tiempo de recorrido del ojo = $15.2 \times \frac{T}{D}$ TMU, con valor mínimo de 20 TMU
 en donde D = Distancia que recorre el ojo
 P = Distancia perpendicular del ojo a la línea de recorrido.
 Tiempo de enfoque del ojo = 7.3 TMU.

TABLA XXXI (Continuación)

EJEMPLO DE LA APLICACION DEL SISTEMA M T M.
(Operación Cambio de varillas en un soporte de 400-amperes)

No	Descripción de Mano Derecha	Símbolo	Tiempo (en unidades)*	Símbolo	Descripción de Mano Izquierda
1	Alcanzar casco	R20B	18.6	MBE	Levantar soporte
2	Tocar casco	G5	0.0	...	
3	Levantar casco	M6A	8.1	...	
4	Quitar mano del casco	RL2	0.0	...	
5	Alcanzar soporte	R10A	8.7	...	
6	Tomar soporte de la MD	G3	5.6	...	
7		...	7.1	R4B	Alcanzar gatillo
8		...	6.5	G3	Tomar soporte de la M I.
9	Alcanzar varillas	R18C	18.4	AP	Apretar gatillo hasta abrir
10	Sujetar una varilla	G4	8.6	...	Soporte
11	Mover var hacia soporte	M12E	13.4	M10E	Mover varilla hacia soporte
12	Golpear casquillo con varilla para	M2A	1.8	...	Para cada dos varillas
13	Sacarla del soporte	M2E	2.1	...	
14	Mover var hacia soporte	M3C	5.7	...	
15	Colocar varilla en soporte	P1SD	11.2	...	(Considerar PISE si var se sostiene por la punta)
16		...	1.7	M1A	Cerrar soporte
17	Soltar varilla	RL1	1.7	...	
18	Alcanzar el extremo de var	R6B	8.6	...	
19	Sujetar varilla	G1a	1.7	...	
20	Girar varilla al ángulo	M3E	5.7	...	
21	Soltar varilla	RL1	1.7	...	
22	Alcanzar soporte de M D	R6A	7.0	...	
23	Tomar soporte de M D	G3	5.6	...	
24		...	7.1	R4B	Alcanzar manivela
25		...	5.6	G3	Tomar soporte de M I.
26		...	11.8	MSC	Mover var hacia el cordón
27		...	5.6	PISE	Colocar varilla en el cordón
28	Bajar casco (guardar la cabeza)	ET30°	9.0	...	
29	Golpear arco	M1B	1.7	...	
		Total	189.4		

*Tiempo expresado en 00001 de hora

movimiento. Deben señalarse con un círculo, o cancelarse, los valores de movimiento que no limitan, ya que sólo deben sumarse los movimientos que sí limitan, con tal de que sea "fácil" ejecutar los dos movimientos simultáneamente (véase la sección x de la Tabla XXX), para determinar el tiempo que se requiere para una ejecución normal de la tarea. Por ejemplo, si la mano derecha alcanza 20 pulgadas para levantar una tuerca, la clasificación será R20C y el valor del tiempo será 19.8 T.M.U.; si al mismo tiempo, la mano izquierda hubiera alcanzado 10 pulgadas para levantar un tornillo, se designaría como R10C, con un valor T de 12.9 T.M.U. La mano derecha

estará limitando, por lo que, al calcular el tiempo normal no se usará el valor 12.9 de la mano izquierda

Los datos tabulados que se presentan no incluyen tiempo alguno por tolerancias de retrasos personales, fatiga y retrasos inevitables, por lo que hay que añadirles las debidas tolerancias, cuando se apliquen para establecer estándares de tiempo.

M.T.M. — Datos de Uso General. (General Purpose Data)

M.T.M.— G.P.D. ha sido definido por la Asociación M T M., como un "sistema dinámico de modelos de movimientos universalmente aplicables elaborados con M.T.M., que se utiliza en lugar de los procedimientos más detallados M.T.M., en el desarrollo de datos estándar para aplicaciones específicas de trabajo en donde se utilicen modelos de movimientos".

M.T.M. — Datos de uso General, son patrocinados por la Asociación M.T.M. y están a la disposición de quien quiera hacer uso de ellos. Los datos son rentados por la asociación.

El sistema de Datos de Uso General comprende dos niveles de datos. El primer nivel básico proporciona datos para la combinación de las secuencias más comunes de los movimientos detallados M.T.M. El segundo nivel, conocido como datos de aplicación múltiple, es una combinación de las secuencias más comunes del primer nivel. Por ejemplo, en las tablas de primer nivel "GET" ("OBTENER") hay claves que representan el tiempo para un "Alcanzar", un "Sujetar" y un "Soltar". La tabla de primer nivel de "PLACE" ("UBICAR") incluye claves que representan el tiempo, tanto para un "Mover", como para un "Colocar". Una clave típica de segundo nivel sería la combinación de "obtener" del primer nivel y el primer nivel de "ubicar", dentro de una clave llamada "multi-obtener". Por lo mismo, este "multi-obtener" representará el tiempo para un Alcanzar, un Sujetar, un Mover, un Colocar y un Soltar la parte.

La clave utilizada para la identificación de los datos M T M—Datos de Uso General es "alfa-mnemónica". La clave es de 7 dígitos, las cinco primeras letras y los dos últimos números. Por ejemplo, la clave BGT-EV-06 identifica los datos como:

- B denota nivel básico (primero)
- GT denota categoría de "obtener"
- E implica un obtener fácil
- V indica que el objeto está en posición variable.
- 06 indica que la clave contiene un Alcanzar de 6"

El primer nivel o datos básicos, cubre trece categorías con 353 claves. Las seis categorías más usadas, dentro de estos datos básicos son:

- OBTENER (GET)
- UBICAR (PLACE)
- ELEMENTAL (ELEMENTAL)
- MOVIMIENTOS DEL CUERPO (BODY MOTIONS)
- LEER (READ)
- ESCRIBIR (WRITE)

Las restantes siete categorías de datos son:

ACCIONAR (ACTUATE)
 SUJETADOR RIBETEADO (THREADED FASTENER)
 LUBRICACION (LUBRICATE)
 SUMERGIR (DIP)
 LIMPIAR (CLEAN)
 USO DE HERRAMIENTAS (TOOL USE)
 INSPECCION Y PRUEBA (INSPECT AND TEST)

El segundo nivel o datos de usos múltiples fueron publicados en 1964 y contienen, aproximadamente, 200 claves, comprendiendo las cinco categorías:

OBTENER
 UBICAR
 MOVIMIENTOS DEL CUERPO
 PRENSADO (VISING) (ASIR CON TORNILLO DE BANCO)
 ENGRAPAR (CLAMPING) (ASIR CON QUIJADAS)

Otras categorías adicionales que están siendo revisadas actualmente, para incluir las como suplemento de las listas del segundo nivel son:

SUJETAR — RIBETEADO O NO RIBETEADO (Threaded)
 MANIPULAR OBJETOS
 EMPACAR
 USO DE HERRAMIENTAS
 INSPECCION Y PRUEBA
 ACCIONAR

La Asociación M.T.M. ha establecido los requisitos siguientes para obtener los Datos de Uso General (M.T.M.—G.P.D.)

1. La compañía debe ser un miembro en buenas relaciones con la Asociación.
2. Por lo menos un empleado de la compañía debe ser un técnico calificado en la técnica de M.T.M., que también haya pasado por el entrenamiento prescrito de 105 horas y que para obtener su certificado haya pasado los exámenes de la Asociación.
3. La Compañía debe certificar el empleo o, por lo menos, el acceso de guías calificados en el uso de los datos M.T.M.—G.P.D. Esta guía puede obtenerse de dos maneras:
 - a) Tener un técnico M.T.M. certificado, como instructor en-planta, por los exámenes de la Asociación
 - b) Emplear los servicios de un instructor con permiso, por medio de uno de los 17 miembros de la administración de la asociación

La Asociación M.T.M. afirma que los datos M.T.M. de uso general darán una exactitud, dentro del 15 por ciento (cuando se comparan con el M.T.M.), para ciclos de más de 0.120 minutos en el 95 por ciento de los ciclos analizados. La exactitud de los datos de uso general se acrecentará con el incremento del ciclo.

Comparación de los Sistemas Work-Factor y Método de Medición de Tiempo.

La revista *Modern Industry* * ha publicado una interesante comparación entre las técnicas Work-Factor y la de M.T.M. A un ingeniero con práctica a quien el método Work-Factor le era familiar, se le dieron fotografías y una descripción completa del cambio de un electrodo de arco para soldar en un mango de 400 amperes (electrodo de 3/16 por 18 pulgadas), y se le pidió analizar la operación y determinar el tiempo asignado. Se hizo la misma petición a un exponente de la técnica M.T.M. Los diagramas ilustrando las técnicas de análisis de los movimientos en esta operación aparecen en la Tabla XXXI. Los tiempos finales, ajustados por las dos técnicas, mostraron alguna diferencia. El sistema Work-Factor dió un tiempo de .0998 minutos, mientras que el sistema M.T.M. dió un tiempo de 0.0189 horas, o sea 1134 minutos. El Sistema Work-Factor expresa sus estándares en términos de un trabajador experimentado y hábil, mientras que la técnica M.T.M. se basa en un trabajador "normal" o "medio". El 12.1 por ciento diferencial encontrado en el ejemplo precedente, puede deberse, en parte, a la diferencia de base o concepción de estándar sobre el que los dos sistemas han sido establecidos. Fué especialmente significativo que, tanto el ingeniero con la técnica M.T.M., como el del Sistema Work-Factor, insistieran en el hecho de que el tiempo del ciclo se disminuiría considerablemente, eliminando el movimiento de la mano derecha para abrir el mango, si se diseñara otro mango.

Estudio de Tiempos de Movimientos Básicos (Basic Motion Time Study)

El procedimiento del Estudio de Tiempos de Movimientos Básicos se desarrolló en el período de 1945 a 1952, por Ralph Presgrave y sus asociados, en la compañía J.B. Woods & Gordon Ltd de Toronto, fué el resultado de un programa de investigación dedicada a medir exactamente el efecto de varios factores físicos que influyen en el tiempo de los movimientos de las manos.

De acuerdo con el procedimiento B.M.T., un movimiento básico es aquel en el que el miembro del cuerpo inactivo se mueve, para luego volver a quedar en descanso. Por ejemplo, al alcanzar un lápiz que está sobre la mesa, tendrá lugar un movimiento básico. El principio del movimiento será la pausa o punto de descanso que lo precede inmediatamente, y el fin del movimiento básico será la pausa que tiene lugar inmediatamente después que los dedos han sujetado al lápiz. El procedimiento B.M.T. fué desarrollado a base de estudios de laboratorio y experimentos, más bien que del análisis de operaciones incontroladas de fábrica. Los valores B.M.T. se establecieron sobre una diezmilésima de minuto, como lo muestra la Tabla XXXII.

Los movimientos básicos, identificados para los propósitos del procedimiento B.M.T., son como sigue:

* *Modern Industry* (ahora *Dun's Review & Modern Industry*, publicada por Dun & Bradstreet Pub Corp., 466 Lexington Avenue, New York, N.Y.) La comparación mencionada aparece en número de mayo de 1950.

Movimientos de brazo, mano y dedos:

1. Alcanzar.
2. Mover
3. Girar.

Movimientos del cuerpo:

- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1. Movimiento de pie. | 7. Levantarse. |
| 2. Movimiento de pierna | 8. Sentarse. |
| 3. Paso de costado. | 9. Estar de pie. |
| 4. Inclinación. | 10. Girar el cuerpo. |
| 5. Agacharse. | 11. Caminar. |
| 6. Hincarse. | 12. Movimiento de los ojos. |

Los movimientos de dedos, mano y brazo se identifican en términos de los controles musculares y visuales que el operario debe emplear para completarlos, de acuerdo con las especificaciones arriba expresadas. Los factores variables que afectan estos movimientos han sido descritos verbal y numéricamente.

Los datos de tiempo proporcionan una oportunidad de bonificación de un 25 al 30 por ciento, como incentivo para el operario medio. No incluyen previsión por necesidades personales o de descanso para el operario. Estos deben añadirse según los diversos trabajos.

Movimientos Básicos

El procedimiento B.M.T. reconoce tres clases distintas de movimientos de brazo. Los movimientos de Clase A se detienen por impacto con un objeto sólido. Todo el efecto muscular se emplea en mover el brazo en la dirección del movimiento, y ninguno se requiere para disminuir o detener la acción. Los ejemplos incluidos son el golpe hacia abajo de un martillazo y el movimiento de empujar una hoja plana de metal contra el tope de una cizalla de metal.

Los movimientos de Clase B son movimientos detenidos, enteramente, por control muscular. Los ejemplos incluyen el levantar el martillo, el movimiento para hacer a un lado un objeto, el movimiento para mover las manos a un lado, después de colocar una parte en una punzonadora operada con el pie, y los movimientos de un lado a otro, al usar una goma de borrar.

Los movimientos de la Clase C son movimientos que se detienen aplicando control muscular para disminuir el movimiento del brazo, antes de detenerse en una acción de sujetar o de ubicar. Los ejemplos incluidos son: alcanzar la palanca de una máquina y sujetarla, alcanzar el lápiz de la otra mano y sujetarlo, llevar el lápiz al escritorio y ponerlo encima.

El tiempo para ejecutar los movimientos de la Clase B y de la Clase C (movimientos que requieren control muscular en la acción de detenerse) está influenciado por el tipo de control visual que se requiere para completar el movimiento. Siempre que se necesiten los ojos para dirigir un movimiento hacia su destino, pero que no puedan ser enfocados en el punto final, antes de que comience el movimiento, aumentará el tiempo del movi-

miento. Los movimientos retrasados por esta forma de acción del ojo se llaman movimientos dirigidos visualmente, y son recogidos en los datos de tiempo B.M.T., por la introducción de dos clasificaciones adicionales de movimientos: BV y CV. Esta distribución produce en los datos dos clases de movimientos, cada uno de ellos con la necesidad de un distinto grupo de datos sobre el tiempo, como aparece en la Tabla XXXII.

El procedimiento B.M.T. no hace distinción entre los tiempos para ejecutar alcances básicos (transporte en vacío) y movimientos básicos (transporte con carga). El efecto del peso de un objeto que se acarrea debe tenerse en cuenta, en caso necesario, en forma de una tolerancia añadida al tiempo básico, como se explicará después. Para fines de análisis, Alcanzar y Mover se identifican por las claves R y M respectivamente. Un Alcanzar de la clase C se codifica como R-C, mientras que un Movimiento de la clase C se codifica como M-C.

Factores Variables

El tiempo para ejecutar cada uno de estos movimientos básicos está influenciado por uno o más factores variables.

La distancia cubierta por el movimiento es un factor que afecta a toda clase de movimientos. Existe una relación directa entre la distancia a través de la cual se ejecuta el movimiento y el tiempo para ejecutarlo. La cantidad de la variable presente se expresa en pulgadas. La clave completa para un Alcanzar de clase C de doce pulgadas es R12C.

Otro factor que influencia toda clase de movimiento, se define como "fuerza". La cantidad permitida del factor para manipular un peso dado, depende del método para manipular el peso y de la distancia a través de la cual se manipula. Por ejemplo, la fuerza necesaria para hacer a un lado un objeto de 10 libras, que ya se lleva en la mano, utilizando un movimiento del brazo de 24 pulgadas, requerirá la tolerancia básica de 16, como aparece en la tabla del tiempo de fuerza. Si el peso tuviera que levantarse de un banco, antes de hacerse a un lado, la tolerancia tendría que ser dos veces la básica, o sea 32. Si el peso fuera levantado, acarreado 24 pulgadas y colocado de nuevo hacia abajo, la tolerancia sería de tres veces la básica, o sea 48.

Estas tolerancias se hacen en forma de sumas al tiempo, para el movimiento básico. La clave completa y el tiempo estándar para los tres ejemplos mostrados serían las siguientes:

1. Hacer a un lado el peso que se lleva ya en la mano, utilizando un movimiento de 24 pulgadas.

M24B.	92
1F10.	16
	<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/>
	108 ó .0108 minutos

2. Levantar el peso y hacerlo a un lado

M24B.	92
2F10.	32
	<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/>
	124 ó 0.124 minutos

TABLA XXXII

VALORES BÁSICOS DE MOVIMIENTOS DE LOS ESTUDIOS DE TIEMPOS
(Expresados en diezmilésimas de minuto)

ALCANZAR O MOVER

Pulgadas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	
A	27	30	35	39	42	45	47	50	52	54	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96
B	32	35	42	45	49	52	55	58	60	62	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104
BV	36	42	48	53	57	60	63	66	68	70	73	77	81	85	89	93	97	101	105	109	113
C	41	47	55	60	64	68	71	74	77	79	81	86	90	94	98	102	107	111	115	119	123
CV	45	54	62	67	72	76	79	82	85	87	90	95	99	104	108	112	116	120	124	128	132

PRECISION

Pulgadas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
1/2" tol	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1/4" tol	13	15	18	21	23	25	27	29	31	32	36	39	42	45	49	51	53	55	57	59
1/8" tol	33	37	41	45	48	52	55	58	60	62	67	72	76	80	83	87	91	94	93	101
1/16" tol	67	65	69	73	76	80	83	87	90	93	98	103	107	112	115	119	123	127	131	135
1/32" tol	53	57	102	106	110	114	117	120	123	126	131	135	139	143	147	150	153	157	161	155

MOVIMIENTOS SIMULTANEO

Distancia de separación	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24		
1/4 Tolerancia y más	0	10	18	27	34	41	47	51	59	65	69	74	78	
1/8"	0	12	21	30	37	44	51	57	63	68	73	78	82	
1/16"	0	15	27	37	45	53	61	68	75	80	86	91	96	
1/32"	0	19	34	47	55	63	71	78	84	90	97	103	107	111

FUERZA

Aplicar presión	comenzar o detener		
Pulgadas	6	12	24
2 Libras	2	3	3
4	6	6	7
6	5	9	10
8	10	11	13
10	13	14	16
15	15	20	22
20	23	26	28
30	31	35	38
40	33	43	47
50	45	50	55

GIRAR

Grados	30	45	60	75	90	120	150	180
A	26	29	32	34	37	43	49	54
B	33	36	40	43	47	54	60	67
BV	40	44	48	52	56	65	72	80
C	56	60	64	68	72	81	88	96
CV	73	77	81	85	89	98	105	113

TIEMPO POR EL OJO

MOVIMIENTOS CULRPO

LM (1'6")	50	Movimiento de pierna	TB,	110	Girar el cuerpo
Añada por pulgada 2			TB,	220	Girar el cuerpo
FM	55	Movimiento del pie	B ..	150	Inclinarse
W	100	Dar un paso	S	180	Agacharse
SS, (1'6")	60	Paso de lado	K,	160	Inclinarse una rodilla
Añada por pulgada 2			AB etc	200	Levantarse
SS, (1'6")	120	Paso de lado	K,	440	Arrodillarse
Añada por pulgada 4			AK,	450	Levantarse
			SIT	220	Sentarse
			STAND	270	1 star de pie

3. Levantar el peso, llevarlo y ponerlo de nuevo abajo

M24C..... 111
3F10..... 48

159 ó .0159 minutos.

Un tercer factor variable del B.M.T. es llamado "precisión". Se describe como el cuidado extra, requerido cuando los movimientos que necesitan control muscular en la acción de detenerse, se completan dentro de límites muy estrechos.

La precisión constituye un factor, siempre que, para un movimiento básico los límites dentro de los cuales puedan moverse las yemas de los dedos para completar la acción, se reduzcan a 1/2 de pulgada o menos. La cantidad de la tolerancia depende del grado de precisión y de la longitud del movimiento con el que está asociado. Los datos de tiempo distinguen cinco grados de precisión, desde 1/2 pulgada, hasta 1/32 de pulgada, para distancias de movimiento hasta de 30 pulgadas. El tiempo estándar para un movimiento que termina en sujetar un objeto, cuando los límites dentro de los que los dedos pueden completar la acción no es mayor que 1/4 de pulgada, se desarrollo como sigue:

R12C..... .86

P1/4..... .36

122, ó .0122 minutos.

Giros

Los movimientos en los que los brazos giran o dan vuelta a la mano y el antebrazo, alrededor del eje largo del antebrazo, se tratan como un tipo especial de movimiento de brazos, y son llamados "giros". Hay datos separados de tiempo para las cinco clases de giros básicos del brazo.

La influencia de la distancia se expresa en grados, más que en pulgadas, y la clave para un giro clase C de 90 grados es T90C.

Movimientos Simultáneos de las Manos

La B.M.T. concede una tolerancia a los movimientos de brazo ejecutados separada, pero simultáneamente, si cada brazo requiere dirección visual. La tolerancia sirva para compensar el retraso introducido por el brazo que tiene que disminuir la velocidad, o detenerse por completo, a un punto cercano a su destino, mientras que los ojos dirigen, al otro brazo, a su destino.

La cantidad de tolerancia dependerá del grado de precisión que requieran las acciones determinadas, y de la distancia que separe a los dos puntos finales. Esta tolerancia se obtiene también, en forma de suma, al tiempo para un movimiento básico. La clave completa y el tiempo estándar para movimientos simultáneos de brazo se registran en dos etapas. La primera etapa establece los detalles para una operación hecha con una sola mano;

la segunda etapa establece la tolerancia para cubrir el retraso cuando los movimientos se ejecutan simultáneos. El procedimiento se ilustra mostrando las dos etapas separadas, para un movimiento simultáneo del brazo de 12 pulgadas de largo, para colocar objetos dentro de los límites de 1/8 de pulgada, cuando los puntos terminales están 12 pulgadas aparte.

1a. etapa: M12CV.....95
 1a. etapa: P1/8.....67

2a. etapa: S12 12 pulgadas..... $\frac{162}{51}$
 $\frac{213}{6} = .0213$ minutos.

Técnica de Aplicación

Los procedimientos B.M.T. bosquejan métodos para el desarrollo de estándares para otro tipo de movimientos de brazo, tales como los que siguen caminos curvos o circulares. También incluyen, datos sobre tiempos para movimientos del cuerpo, tales como: pasos, doblar el cuerpo y acciones giratorias; y describe procedimientos para desarrollar estándares, que incluyen combinaciones de movimientos del brazo y del cuerpo.

La figura 19-2 ilustra la técnica aplicada en identificar los movimientos básicos empleados en un método dado, para ensamblar una tapa de pluma fuente.

ESTUDIO DE ELEMENTOS BASICOS						PAGINA 1 DE 1	
DEPTO _____		FECHA _____		PAGINA DE _____			
OPERACION <i>Montar la tapa a una pluma fuente</i>		OPERADOR _____		OBSERVADOR _____			
DATOS							
ELEMENTO MAYOR	ELEMENTO BASICO (MANO Y)	SIMBOLO	TIEMPO	SIMBOLO	ELEMENTO BASICO (MANO D)		
	Alcanzar tapa en la mesa	AL			Sujetar cuerpo		
	Girar la tapa sobre el eje	M					
	Mover tapa a lo largo del cuerpo	M					
	Colocar la tapa			T	Colocar cuerpo media vuelta		
				T	Colocar cuerpo		
				T	Colocar cuerpo al ma		
				M	Colocar cuerpo en el		

Fig 19-2 Desglose de los elementos básicos para ensamblar la tapa a una pluma fuente

Análisis de Movimientos y Tiempos (M.T.)

A mediados de la década de 1920, A.B. Seagraves desarrolló el Análisis de Movimientos y Tiempos, como un método para establecer tiempos. Actualmente, el analista aplica, cada vez con más frecuencia, este sistema fundamental de procedimientos de los movimientos, parecido a otros discutidos en el texto, como un instrumento para mejorar operaciones existentes, y controlar correctamente operaciones futuras.

Se parece a otros mencionados en este capítulo, en que el analista hace primero, una lista de los movimientos ejecutados por las dos manos. Se le asigna un valor de tiempo de cada movimiento. Si el movimiento está clasificado como ineficaz (de valor dudoso en el trabajo), las cifras para su tiempo se anotan con rojo. Si el movimiento clasificado es efectivo (movimientos que deben permitirse en general), su valor se anota con negro. El número y extensión de las cifras en rojo son una indicación de las posibilidades de mejoramiento del método.

El concepto básico del análisis de movimientos y tiempos es de que, el tiempo requerido para ejecutar los movimientos básicos, tiende a ser constante en diferentes individuos. Por consiguiente, el tiempo es una función del método. En otras palabras, si un operario sigue un método correcto, logrará el estándar establecido para el mismo.

Movimientos y Tiempos Dimensionales (D.M.T.)

Movimientos y Tiempos Dimensionales, que suelen llamarse D.M.T. es un procedimiento desarrollado por la compañía General Electric, para medir el contenido de trabajo, por medio de valores predeterminados de tiempo. Este sistema ha desarrollado la siguiente tabla de valores:

1. Sujetar partes de tipo de varilla revueltas en cajas.
2. Sujetar partes de tipo de block revueltas en cajas
3. Sujetar partes dispersas en el banco
4. Sujetar partes aisladas en la superficie
5. Sujetar herramientas colocadas previamente
6. Sujetar partes de una área confinada
7. Colocar agujero al perno o el perno al agujero
8. Colocar partes a varias nest
9. Colocar la tuerca en el tornillo y comenzar a atornillarla, una mano
10. Colocar la tuerca al tornillo y comenzar a atornillarla, simo
11. Colocar en área restringida
12. Girar
13. Soltar
14. Transportar
15. Tiempo para darle vuelta a la palanca
16. Vuelta direccional
17. Factores de peso aplicables a mover, sujetar, colocar y solt
18. Tiempos de movimientos misceláneos

DMT ha insistido, en "dimensión", como el criterio principal de efectividad del tiempo, para ejecutar un movimiento. Como en otros sistemas de...

fundamentales de movimientos, esta técnica encuentra su mayor aplicación en el estudio y mejoramiento de métodos y establecimiento de estándares para trabajos manuales, de tipo de banco y de gran volumen.

Datos Estándar Maestros (M.S.D)

Datos Estándar Maestros en una técnica simplificada para aplicar los datos de movimientos fundamentales basados en M.T.M. Fueron introducidos por Serge A. Bern Co. en 1962¹⁰. Los autores de MSD hacen hincapié en el efecto del control en el tiempo requerido para ejecutar los movimientos fundamentales y la habilidad para ejecutarlos simultáneamente. La clasificación de control, con ejemplos típicos de los movimientos más comunes, se da en la figura 19-3

CLASE DE CONTROL	MOVIMIENTO				
	Alcanzar	Sujetar	Mover	Soltar	Alinear
Poco (A)	Hacia un Objeto en una ubicación fija o a un objeto en la otra mano	Sujetar simple para levantar o cerrar los dedos. El objeto es por sí mismo y fácil de sujetarse	Un objeto contra un tope.	El control se efectúa si los dedos se abren	
Mental (B)	Hacia un objeto que puede cambiar de ubicación de ciclo a ciclo		Un objeto a una ubicación aproximada. La tolerancia de la ubicación es estrecha		
Mental o visual (C)	Hacia un objeto mezclado con otros objetos o a un objeto muy pequeño	Un objeto que no puede controlarse por un simple cerrar de los dedos.	hacia una ubicación muy precisa		Cuidadosamente un objeto con otro

Fig. 19-3 Clasificación MSD de control.

Cuanto más control se requiere, tanto mayor tiempo se necesita para ejecutar los movimientos básicos. Y, como podría esperarse, cuanto mayor el control, tanto mayor menor probabilidad de que el operario típico pueda ejecutar, simultáneamente el movimiento. La figura 19-4 proporciona información sobre la clase de control, así como el si es de esperarse o no, que el operario pueda ejecutar, simultáneamente, los movimientos fundamentales.

¹⁰Master Standard Data, por Richard M. Crossan y Harold W. Nance (Nueva York: Mc Graw-Hill Book Co., 1962)

Los datos completos MSD aparecen en la Tabla XXXIII. Las unidades de tiempo son 1 cienmilésimo de hora, como en los datos M.T.M. MSD reconoce sólo cuatro distancias para la aplicación de "obtener" y "ubicar". Estas son 2, 6, 12 y 18 pulgadas. Al asignar un tiempo para ejecutar un "Obtener", además de la distancia, ha de considerarse el grado de control. Solamente hay que tener en cuenta dos cosas: el operario tiene que ejercitar algún control para controlar el objeto, o se necesita un alto control. Algún control se define "cuando un objeto puede ser asegurado, satisfactoriamente, por medio de un simple contacto, cerrando los dedos"; y alto control tiene lugar, "si el objeto no puede obtenerse con algún control".

Clase	A (Poca)	B (Mental)	C (Mental o Visual)
A (Poca)	Si	Si	No
B (Mental)	Si	Si	No
C	No	No	No

Fig. 19-4 Habilidad para ejecutar simultáneamente varias clases de control

Finalmente, el número de "Obtener" que hay que ejecutar debe ser tomado en consideración. De este modo, se efectúan dos "Obtener" cuando obtenemos una sola cosa con las dos manos, y cuando se obtienen dos cosas separadas, una con cada mano. Otras "Obtener" son: uno por cada movimiento particular.

Como en el caso de "Obtener", "Ubicar" se caracteriza por varios grados de control. Hay que considerar cinco parámetros, al analizar un elemento de Ubicar: distancia, destino, número de alineaciones, exactitud de la ubicación final y peso del objeto ubicado. La técnica MSD reconoce sólo destinos: en la otra mano, es una colocación general y en una colocación exacta. La colocación exacta se diferencia de colocación general, en que es requerida en los casos en que, para colocar la parte es necesario un control visual.

MSD asigna 1 T.M.U. (0.00001 de hora) extra por cada dos libras de peso "ubicadas" que sobre pasen cinco libras. Por lo tanto, si se mueve un objeto de 13 libras, el peso asignado sobre cinco libras, por cada mano, sería = $\frac{13-5}{2} = 4$ T.M.U.

Es evidente que la Tabla de "OBTENER" tabula datos para los movimientos básicos combinados, de alcanzar y sujetar y que las tablas "UBICAR" proporcionan datos para los movimientos combinados de Mover, Colocar y Soltar. Los Autores de MSD afirman que, probablemente el 99 por ciento del trabajo de la mano y el de brazo, está compuesto por "Obtener" y "Ubicar" y consecuentemente, utilizan los datos en estas dos tablas. Naturalmente que hay ocasiones en que, por situaciones especiales, se requiere el empleo de otras tablas.

TABLA XXXIII

OBTENER - O				
DISTANCIA EN PULGADAS	GRADO DE CONTROL			
	Algomo - S		Mucho - H	
	1	2	1	2
2	8	8	17	30
6	13	13	21	31
12	17	17	25	38
18	21	21	30	42

COLOCAR - P						
DISTANCIA EN PULGADAS	LOCALIZACION					
	Otra mano	General	Exacto			
			Flojo - L		Cerrada - C	
0	6	1	2	1	2	
2	7	5	11	26	21	47
6	11	9	16	31	27	52
12	15	13	21	36	31	57
18	19	17	26	41	37	62

Girar			Usar		Dedo		Movimiento del cuerpo		
R			U		Cambiar		B		
H	F	9	V	4	FS	6	A	Arise-sit	108
	W	15	L	8			F	Pie	9
C	S	17	M	13	EF	11	V	Vertical	61
	L	19	H	17			W	Caminar	17

El "cambio de dedo" y "fuerza ejercida" son análogos, en sus datos, al de los valores de "resujetar" y "aplicar presión", identificados por el sistema M.T.M. El cambio de dedo se ha definido como "una serie de movimientos menores de los dedos, ejecutados con el propósito de colocar previamente un objeto, antes de ejecutar el elemento básico ubicar". El elemento "cambio de dedo", es ejecutado para colocar previamente objetos y sólo es o cuando se requiere control visual.

Los autores han definido "ejercer fuerza", como "una aplicación instantánea de fuerza, más que la normal, aplicada con el propósito de vencer resistencia inicial o para forzar un objeto contra o dentro de otro". "Girar" tiene lugar cuando un objeto es girado sobre un eje paralelo al antebrazo del operario. Puede ejecutarse sujetando la pieza que se trabaja con los dedos y luego girando (un movimiento RH), o por un movimiento de manivela (un movimiento RC). El movimiento RH puede hacerse con los dedos (RHV), en donde el valor T.M.U. es 9, o con la muñeca (RHV'), teniendo un valor T.M.U. de 15. El movimiento de rotación de manivela puede ser de dos clases. Una manivela de paso o diámetro corto se identifica por movimientos de manivela de 6 pulgadas y tiene un valor de 17 T.M.U. Diámetros o pasos mayores de 6 pulgadas se clasifican como largos y se les asigna un valor de 19 T.M.U.

"Uso" se identifica como "movimiento de la mano y de los dedos hacia adelante y hacia atrás, o bien de la mano y del brazo", que tienen lugar en la ejecución de un trabajo. Ejemplos típicos podrían ser el martillar un clavo, limpiar una mesa, borrar en papel, etc. Sólo se reconoce una variable en "Uso": los desplazamientos del miembro o miembros del cuerpo que lo hacen. Se han tabulado cuatro grados de desplazamiento: muy ligero (V), Ligero (L) medio (M) y pesado (H). "Uso" muy ligero sólo se ejecuta con los dedos o la mano y comprende un desplazamiento de menos de 1 pulgada. "Uso" ligero acontece cuando el desplazamiento es de cerca de 2 pulgadas y el movimiento es efectuado sólo con la muñeca. "Uso" medio está basado en un desplazamiento de 4 pulgadas, y "Uso" pesado en uno de cerca de 6 pulgadas.

Los Datos Estándar Maestros identifican cuatro movimientos del cuerpo: levantarse-sentarse, pie, vertical, y caminar. El levantarse-sentarse comienza cuando el trabajador está frente a su silla o banco y termina cuando ha regresado a su posición, después de haberse sentado o levantado. Los movimientos de pie comprenden un movimiento del pie apoyado en el tobillo. Se usa, frecuentemente, para oprimir pedales en una gran variedad de equipos.

Los movimientos verticales del cuerpo representan aquellas combinaciones de movimientos, ejecutados para acercar las manos al piso o cerca de él, y luego regresarlas al nivel de la cintura.

Los movimientos de caminar comprenden todos los cambios horizontales del cuerpo, que son resultado de haber movido los pies. De aquí que, los ejemplos, de este movimiento del cuerpo son los cambios de los pies hacia adelante, hacia atrás, y hacia uno u otro lado, o simplemente caminar.

Todos estos movimientos del cuerpo pueden ejecutarse simultáneamente a otros movimientos. Sin embargo, de acuerdo con los autores, la experiencia ha establecido la regla de que, "cuando un movimiento del cuerpo es seguido de un Obtener o de un Ubicar, debe de asignarse siempre, un O2 o P2, apropiado al método".

Los Datos Estándar Maestros representan, sin duda, una gran contribución en el área de tiempos sintéticos de los movimientos básicos. Los autores han simplificado el procedimiento, utilizando el instrumento de tiempos sintéticos de los movimientos, haciendo más aceptable la técnica para el análisis de métodos y estándares, no menos que para la administración. De acuerdo con los autores, es muy poca o ninguna, la exactitud que se sacrifica al hacer uso de MSD, si se le compara con: estudios de nivelación de tiempo, datos estándar, o M.T.M. detallado. Afirman que, "literalmente, en

miles de casos. basados en resultados 'exactos', dentro de los límites aceptados del más o menos 5 por ciento"

Aplicación de los Tiempos Sintéticos de los Movimientos Básicos

El conocimiento general de los fundamentos de los tiempos sintéticos de los elementos básicos será valioso como medio para perfeccionar métodos. Por ejemplo, si el analista en métodos tiene conocimientos básicos en M.T.M., diseñará estaciones de trabajo para utilizar el sujetar "G1A" que sólo requiere 2 T.M.U., en lugar de otros tipos más difíciles de sujetar y que llegan a requerir 12.9 T.M.U. (G4C). Del mismo modo, tratará de diseñar para utilizar el Soltar por contacto, en vez de Soltar normales, así como también, colocando por simetría, más bien que por semisimetría o por asimetría. Una de las aplicaciones importantes de las técnicas de tiempos sintéticos de los movimientos es en lo que se refiere a métodos. Una vez que el analista conoce a fondo su instrumento, se encontrará, a sí mismo, mirando con ojo más crítico, cada estación de trabajo, y pensando la manera de alcanzar nuevas mejoras. Alcanzar y Mover de 20 pulgadas le parecerán indebidamente largos, e inmediatamente pensará en la manera de ahorrar tiempo por medio de modelos acortados de los movimientos. Elementos de colocar que exijan fuertes presiones le parecerán, inmediatamente, una oportunidad de perfeccionamiento. Pueden también, mejorarse las operaciones que necesitan movimiento y enfoque de los ojos.

Naturalmente que, por medio de los tiempos sintéticos de movimientos, podrán establecerse estándares de actuación. Si hay que emplear los datos, para esta finalidad, se requeriría mayor conocimiento de estos métodos y técnicas. El analista no debe tratar, de modo alguno, de establecer estándares para tarifas, hasta que esté seguro de su propia habilidad, a base del entrenamiento en la aplicación de este instrumento. El analista tendrá que saber si la distancia movida por la mano es lineal, o es la circunferencia del arco trazado por la mano. Debe saber, si la distancia se mide desde el centro de la mano, de los nudillos o de las yemas de los dedos. Debe saber, cuándo prevalece, y cuándo no, la aplicación de presión. Debe de comprender, con exactitud, de qué modo afectan el tiempo de colocación los elementos de alineación y de orientación. Estos y otros elementos deben de dominarse a perfección, antes de que el analista pueda, valiéndose de este instrumento, establecer tiempos estándar precisos.

A. B. Segur no ha puesto las derivaciones y aplicaciones de sus valores del Análisis de Movimientos y Tiempos a la disposición del público. El mismo defiende, a su modo de pensar, del modo siguiente:

Ha llegado, a mis oídos, una gran oleada de criticismo en los últimos años, por no haber hecho públicos los valores de los movimientos que acompañan al Análisis de Movimientos y Tiempos. En realidad, tales valores han estado a la disposición de todo aquel que, verdaderamente entrenado en el arte del estudio de los movimientos fundamentales, pueda hacer uso correcto de ellos. Pero sabemos, por experiencia, lo que sucedería en una gran planta, si alguien que no estuviera suficientemente entrenado, se pusiera a cambiar las condiciones de trabajo, los movimientos exactos y los tiempos correctos. El principio de los movimientos fundamentales no podrían aplicarse y los resultados serían desastrosos. Esto quiere decir

que, es preciso entrenar a quienes tengan que aplicar este principio. Evitamos el descrédito de nuestro trabajo, insistiendo en la necesidad de entrenamiento."

Sólo tras de prolongado entrenamiento, un grupo de analistas llegará a obtener tiempos estándar consistentes, aplicando las técnicas de tiempos sintéticos de los movimientos. Jamás debe tratar un analista de establecer tiempos estándar con un conocimiento superficial de este instrumento.

Desarrollo de los Datos Estándar

El día de hoy, una de las aplicaciones más comunes de los tiempos predeterminados es en el desarrollo de elementos de los datos estándar. Es mucho más fácil conocer de antemano el precio de las operaciones, por medio de datos estándar, que por el largo procedimiento de sumar las largas columnas de tiempos de los movimientos fundamentales. Además del ahorro de tiempo, se reducen los errores de oficina, ya que tendrá que utilizarse menos aritmética.

Es, económicamente posible, establecer, por medio de datos estándar, estándares para trabajos de mantenimiento, manejo de materiales, trabajos de oficina, trabajos de inspección y otras operaciones indirectas y de oficina, así pues, puede anticiparse el valor de elementos que incluyen ciclos largos o que consisten en muchos ciclos de elementos breves, aplicando más económicamente los datos estándar. Por ejemplo, una compañía desarrolló datos estándar aplicables a las operaciones del taladro radial en su sala de herramientas. Se desarrollaron elementos estándar para los elementos requeridos para mover la herramienta de un agujero al siguiente, acercar y "presentar" el taladro. A continuación, estos elementos estándar fueron combinados en un diagrama multivariado, para poder sumarlos rápidamente. Véase Figura 19-5.

La Figura 19-6 ilustra otra aplicación de los tiempos sintéticos de los movimientos básicos. La hoja de trabajo ofrece todos los elementos estándar para recortar discos en una máquina punzonadora. Es sólo cuestión de minutos el predeterminar un estándar para recortar discos de hasta 40 libras de peso.

Otro ejemplo que ilustra la flexibilidad de los tiempos sintéticos de los movimientos básicos, es el desarrollo de una fórmula para calcular el precio de una operación de oficina. La fórmula servía para clasificar hojas de tiempos y contenía los siguientes elementos:

1. Recoger el paquete de hojas de tiempos departamentales y quitar la liga que los mantenía unidos.
2. Clasificar, las hojas de tiempos, en trabajo directo (Incentivo), trabajo indirecto y por día.
3. Anotar el número total de hojas de tiempos.
4. Tomar el altero de hojas de tiempos, unirlos por medio de una liga y ponerlos a un lado.
5. Tomar el altero de hojas de tiempos y agruparlas.

Recorrido de la Cabeza en Pulgadas										Profundidad del Agujero Anterior en Pulgadas						
										Línea de Referencia						
0-1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0-1	2	3	4	5	6	7
0-1	0-1	2	3	4	5	6	7	8	9	0-1	.010	.013	.017	.019	.022	.024
0-1	0-1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	.038	.051	.055	.057	.060	.062
2	0-1	3	4	5	6	7	8	9	10		.050	.053	.057	.059	.062	.064
3	3	4	5	6	7	8	9	10			.055	.057	.061	.063	.066	.068
4	4	5	6	7	8	9	10				.056	.059	.063	.065	.068	.070
6	6	7	8	9	10						.058	.061	.065	.067	.070	.072
8	8	9	10								.060	.063	.067	.069	.072	.074
10	10										.062	.065	.069	.071	.074	.076
											.065	.070	.073	.075	.077	.079
											.068	.071	.075	.077	.080	.082
											.070	.073	.075	.077	.080	.081
											.073	.076	.078	.080	.085	.087
											.076	.079	.081	.083	.088	.090
											.079	.082	.084	.088	.091	.093
											.082	.085	.087	.091	.094	.096
											.086	.089	.091	.095	.098	.100
											.089	.092	.094	.098	.101	.103
											.093	.096	.098	.102	.105	.107
											.098	.101	.103	.107	.110	.112

Fig 19-5 Diagrama multivariable con dos puntos de entrada y que incluye referencia para el elemento sube el eje, gira y avance lateral de la cabeza, y baja el eje (taladro radial Western).

6. Clasificar, las hojas de tiempos de "incentivo", en hojas de tiempo de "partes".
7. Contar como inventivo, los alteros de las hojas de tiempo de "partes".
8. Anotar el número de "partes" de las hojas de tiempo y el número de las hojas de tiempo de "incentivo".
9. Clasificar, en secuencia numérica, las hojas de tiempo de "partes".
10. Agrupar los alteros de las hojas de tiempo numéricas y colocarlas sobre el escritorio

1. Longitud del bloque _____	4. Tipo de contra _____	7. _____
2. Ancho del bloque _____	5. Maquina _____	8. _____
3. Peso del bloque _____	6. _____	9. _____

A. Montadura-pieza por Unidad (P/U) Parar Day -Pieza a un lado

Peso	Echar pieza a un lado	Colocar pieza a un lado	Alzar pieza	
4 lbs.	.054	.052	.064	X occ. = _____
4-14 lbs.	.071	.081	.084	X occ. = _____
14-26 lbs.	.098	.107	.113	X occ. = _____
26-40 lbs.	.103	.115	.119	X occ. = _____
40 lbs.	.103	.121	.126	X occ. = _____

B. Inviértase pieza 180°. Mayor dimensión invertida

Peso	5"-9 9"	10"-19.9"	20"-29.9"	30"-39 9"	
4 lbs.	.030	.030	.030	.034	X occ. = _____
4-14 lbs.	.030	.031	.037	.041	X occ. = _____
14-26 lbs.	.028	.035	.042	.046	X occ. = _____
26-40 lbs.	-	.039	.047	.052	X occ. = _____
40 lbs.	-	-	.050	.057	X occ. = _____

C. Day Pieza-Girar 90°-Pieza Mayor dimensión girada

Peso	5"-9 9"	10"-19.9"	20"-29 9"	30"-39 9"	
4 lbs.	.030	.036	.040	.043	
4-14 lbs.	.038	.043	.050	.053	
14-26 lbs.	-	.056	.062	.065	
26-40 lbs.	-	.063	.070	.073	
40 lbs.	-	.070	.077	.081	

Day Pieza-Girar montadura 180°. Mayor dimensión girada

Peso	5"-9 9"	10"-19 9"	20"-29 9"	30"-39 9"	
4 lbs.	.044	.053	.052	.058	
4-14 lbs.	.055	.055	.075	.084	
14-26 lbs.	-	.080	.090	.101	
26-40 lbs.	-	.089	.100	.113	
40 lbs.	-	.093	.110	.125	

D. Arrancar máquina

- 1 Cuando pié tiene que alcanzar pedal .09 x _____ occ. por pza. (incluye viaje)
- 2 Cuando el pié se queda en pedal .033 x _____ occ. por pza. (incluye viaje)
- 3 Buscar el pedal .011 x _____ (no incluye 1 y 2)

E. Tiempos de máquina

Máquina	Valor
Niagara, chuca	.003 x _____ occ. por pza.
Las demás	.010 x _____ occ.

F. Manejo de material

- 1 Empujar carretilla de material al área de trabajo al comienzo de operación _____ sin valor (este importe se incluye generalmente en las operaciones)
- 2 Cargar piezas-de la mesa o palta a la mesa de la máquina 076 + _____ No de pzas = _____
- 3 Cambiar charolas de transporte 327 - _____ No pzas en charola = _____
- 4 Caminar hacia atrás de la máquina y regresar
 - (1) Niagara, chuca- .038 + _____ pzas por hoja = _____ valor del bloque
 - (2) Las demás - .069 + _____
- 5 Remover viruta de la parte trasera de la máquina
 - (1) Vaciar charola de transporte de viruta 327 + _____ No bloques cortados por charola = _____
 - (2) Remover viruta con la mano 070 + _____ No bloques cortados por charola de 20 lbs. = _____
- 6 Cubrir bloques terminados separador - .023 + _____ No pzas cubiertas

Fig 19-6 Datos estándar para determinar previamente el precio a las operaciones de

Se analizó, cada elemento, desde el punto de vista del concepto de los movimientos fundamentales; se asignaron valores sintéticos y se determinaron las variables. Como resultado de este procedimiento, se obtuvo una ecuación algebraica que permitió conocer, de antemano, el precio de la operación de oficina.

El cronómetro puede ser, con frecuencia, un complemento de gran utilidad para desarrollar los elementos de los datos estándar. Algunas porciones de los elementos pueden determinarse por medio de los tiempos sintéticos de los movimientos, y otras porciones pueden adaptarse mejor, a la medición, por medio de cronómetro.

Es conveniente verificar, con un reloj de minutos decimales (.001), los elementos de los datos estándar, como una prueba más de su validez. Cuando los tiempos predeterminados se convierten en elementos de los datos estándar ya verificados, éstos establecerán estándares justos, más consistentes que los establecidos por el procedimiento de cronómetro.

Resumen

Los Estudios de Tiempos de los Movimientos Básicos, Work-Factor, Medición de Tiempos de Métodos, Tiempos Dimensionales de los Movimientos, Análisis de Movimientos y Tiempos, y algunas de las industrias más importantes, han hecho contribuciones substanciales a un fondo común de conocimientos disponibles para el análisis de los movimientos fundamentales. Hace muchos años, Frederick Taylor previó el desarrollo de estándares para las divisiones básicas del trabajo, muy semejantes a las que actualmente se están logrando. En su estudio sobre "Administración Científica" hizo notar que, llegaría el tiempo en que se desarrollaría un volumen suficiente de estándares básicos, que harían innecesarios los estudios cronométricos posteriores.

Como lo hemos hecho notar, son relativamente recientes los datos que se han desarrollado y existe, aún, cierta duda acerca de su exactitud, por el hecho de que difieren todas las tablas de movimientos. Puede llegarse a conclusiones relativamente distintas, aplicando diversos datos publicados, al tratarse de ciertos modelos de movimientos. No es posible que todos los valores sean correctos, pero, en cuanto algunos de estos valores se prueban, conclusivamente, por medio de experimentos, deben ponerse a la disposición de quienes practican esta ciencia. Por ejemplo, un estudio puso en claro el hecho de requerir 79 por ciento más de tiempo, para mover un peso de 15 libras a cierta distancia, que el que se necesitaría para mover un peso de 1 libra del mismo tamaño, la misma distancia¹². Otros estudios, en cambio, muestran mucho menos influencia del peso en el tiempo.

Los valores de los tiempos sintéticos de los movimientos básicos están llegando a ser más exactos conforme se hacen nuevos estudios. Pero todavía hay necesidad, en esta área de más investigación, pruebas y refinamiento. Por ejemplo, hay duda sobre la validez de sumar los diversos tiempos de movimientos básicos a fin de determinar los tiempos elementales, porque el tiempo de los therbligs puede variar una vez que se cambia la

secuencia de los mismos. De este modo, el tiempo para el elemento básico de Alcanzar 20 pulgadas, puede ser afectado por el elemento precedente y el subsecuente, y no depende, completamente, de la clase de Alcanzar ni de la distancia.

En general, puede decirse que todas las técnicas acerca de la medición del trabajo que han tenido éxito, han hecho un esfuerzo por resolver de un modo o del otro, la aditividad de los elementos de los movimientos. La Medición de Tiempo de Métodos, por ejemplo, ha proporcionado tres tipos de Mover para el estudio de los movimientos de la mano, y algunos otros casos, de acuerdo con la naturaleza de un mover o de un Alcanzar. Work-Factor reconoce cinco elementos de dificultad. Iguales observaciones podrían hacerse sobre otras técnicas fundamentales de los movimientos.

Lo que hasta ahora se ha hecho, es aplicable a muchos casos; sin embargo, todavía existen algunos vacíos por llenar. Por ejemplo, hay que investigar, mucho más, sobre el desarrollo de datos para los movimientos combinados. Alcances que incluyen un Mover en la primera parte del movimiento, son una ilustración típica de donde se puede, aún, estudiar más profundamente. De la misma manera, mover que comprenden empalmar un componente mientras está en camino, son típicos de combinación de movimiento que requieren mayor investigación.

En el análisis de los modelos de movimientos con los datos existentes, es importante que el analista tenga en cuenta, no solo el fin principal del movimiento, sino también su complejidad y sus características. Por ejemplo, si la mano está vacía mientras se mueve hacia un objeto, el movimiento se clasificará como un Alcanzar; pero si la mano sostiene un objeto mientras se mueve hacia otro objeto, no sólo hay que considerar el principal propósito del movimiento, sino también lo que hace la mano con el objeto, durante el movimiento. Si la mano está empalmado un objeto mientras alcanza otro, el movimiento no puede ser clasificado como un Alcanzar básico. El tiempo necesario para ejecutar un movimiento combinado depende de valores distintos a la distancia. No deben descuidarse las características físicas del movimiento. Cuando se empalma un objeto, mientras la mano se mueve, además de un Mover, se ejecuta una operación simultánea. Es casi seguro que el resultado podría ser una reducción en la velocidad media. Esto permitiría, a la mano, controlar el objeto durante la distancia del movimiento. Cuanto más larga la distancia, tanto mayor tiempo tendrá la mano para empalmar el objeto durante ese movimiento particular. Así, cuanto más largo el movimiento combinado, tanto más se acerca, el movimiento, al tiempo requerido para un simple Alcanzar de la misma distancia.

En tales movimientos combinados, existe el problema de la aditividad, y pueden obtenerse resultados erróneos si los tiempos individuales de los elementos de un movimiento combinado se suman los unos a los otros. Tales movimientos combinados requieren mayor estudio y mayor investigación. Mayor investigación en esta área daría tiempos básicos que podrían modificarse por medio de factores, según las condiciones que prevalecen.

Estudios posteriores permitirán, probablemente, la tabulación de la mayoría de las variables que influyen el tiempo, y acaso, en algunos años, podremos tener valores confiables para ingenieros de tiempos y para los analistas de métodos. Este será un instrumento muy útil como suplemento del cronómetro y la cámara cinematográfica.

¹²B.W. Nebel y G.I. Thwing, "Let's Have More Accurate Time Standards for Basic Motions", *Factory Management and Maintenance*, Septiembre, 1951, página 101.

Una de las consecuencias más importantes de la aplicación de los tiempos de los movimientos básicos, es que el analista que pretende aplicar el procedimiento sintético, debe examinar, con toda atención, todos los factores que afectan el modelo de los movimientos de un trabajo. Este minucioso escrutinio inevitablemente descubrirá oportunidades para refinar los métodos de trabajo.

Una Compañía destinó \$40,000 para hacerse de herramental avanzado, a fin de incrementar el rango de producción, en una operación de soldadura con latón. Antes de comprar la herramienta, se hizo un estudio de medición del trabajo del método existente y se descubrió que, con solo comprar un dispositivo simple y reorganizando el área de carga y descarga, la producción podría aumentar de 750 a 1,000 piezas por hora. El costo total del estudio de los tiempos sintéticos de los movimientos fue de \$40 y, como un resultado de su aplicación, se evitó llevar a cabo el programa de compra del herramental de \$40,000.

Un gerente de una de las compañías más importantes de accesorios eléctricos recalco que, los tiempos de los movimientos básicos permitieron predeterminar, si los gastos para nuevas instalaciones y herramental quedaban garantizados, y para preveer, con exactitud, el costo de las reducciones que podrían lograrse. Este mismo gerente afirma:

Podemos, ahora, recomendar innovaciones en los diseños de herramental, por medio de la economía de los movimientos y de los mejores métodos. Podemos predeterminar, con exactitud, los costos de mano de obra para la producción. Podemos aconsejar a nuestros ingenieros de diseño, cómo pueden diseñar las partes para una fabricación más eficiente. Podemos establecer datos consistentes de estándares e incentivos.¹³

Los ejemplos anteriores son representativos de las posibilidades del mejoramiento de métodos que pueden lograrse aplicando este instrumento, cada día más esencial en el acervo de conocimientos del analista de Métodos.

La combinación de los tiempos sintéticos de los movimientos básicos en la forma de datos estándar, permite la aplicación de los tiempos básicos de los movimientos a una gran variedad de trabajos. Los datos estándar desarrollados de ese modo van teniendo aplicación en operaciones indirectas y de oficina, tanto como en el trabajo directo. Es, en esta forma, que los tiempos sintéticos de los movimientos básicos tienen summa aplicación.

Podemos concluir que, los sistemas de tiempos predeterminados tienen un lugar bien definido en el campo de los métodos y de la medición del trabajo, y que, ellos no son mejores que quienes los aplican: ésto es, que no deben instalarse sin ayuda profesional o un profundo conocimiento de su aplicación.

PREGUNTAS SOBRE EL TEXTO

1. ¿Cuándo comenzaron a utilizarse los valores sintéticos de tiempos en el trabajo industrial?
2. ¿Cuáles son las ventajas de emplear tiempos sintéticos de los movimientos básicos?

3. ¿Qué variables considera la técnica de Work-Factor?
4. ¿Cómo desarrolló sus valores Work-Factor?
5. ¿Cuál es el valor de tiempo de un T.M.U.?
6. ¿Quién fué el iniciador del sistema M.T.M.?
7. ¿En qué se diferencia el desarrollo del estudio de Tiempos de los Movimientos Básicos (B.M.T.), tanto del M.T.M., como del Work-Factor?
8. ¿Qué variables se consideran en la técnica del B.M.T.?
9. ¿Quién logró originalmente, que se pensara en desarrollar estándares para divisiones básicas del trabajo? ¿Cuáles fueron sus contribuciones?
10. Calcule el equivalente en T.M.U. de 0075 horas por pieza, de .248 minutos por pieza, de .0622 horas por un ciento, de .421 segundos por pieza, o de 10 piezas por minuto.
11. ¿Cómo se relaciona M.T.M. con el análisis del método?
12. ¿Porqué A.B. Segur se ha negado a hacer públicos sus datos fundamentales de los movimientos?
13. Explique la relación de los tiempos de los movimientos fundamentales con los datos estándar.
14. Si usted acaba de taladrar un agujero de 3 pulgadas de profundidad con un taladro Western Radial, ¿cuánto tiempo tardará en "presentar" el taladro y taladrar un segundo agujero en una forja de acero de media pulgada de diámetro y tres pulgadas de profundidad? Traversal 6 pulgadas, carrera de la cabeza 8 pulgadas, alimentación 007 pulgadas, 50 pies por minuto de velocidad periférica.
15. ¿Cómo ha tratado Work-Factor de estudiar la actividad de los elementos de un modelo de movimientos?

PREGUNTAS GENERALES

1. Escoja una operación sencilla y obtenga el precio aplicando el método M.T.M., Work-Factor, y B.M.T. ¿Cuál de estas técnicas establece el estándar más estrecho?
2. ¿Cuál es el futuro de los valores de los tiempos sintéticos básicos?
3. ¿Cuál de las tres técnicas explicadas es de la aplicación más fácil?
4. En su opinión, ¿Cuál de ellas dará los resultados más confiables? ¿Por qué?
5. Describa, tan vivamente como pueda, cómo explicaría usted el sistema M.T.M., a un trabajador, en su taller de forja, y que no conoce nada sobre este método ni sobre su aplicación.
6. Dé seis de las objeciones que usted, podría recibir de parte de un trabajador en la aplicación de los valores M.T.M. y explique cómo respondería a ellas.
7. Algunas compañías han experimentado la tendencia a que sus analistas de tiempos se vuelvan cada día más liberales en sus calificaciones de actuación. ¿De qué manera detendrían esa tendencia de los movimientos fundamentales?

¹³"Short Cuts to Productivity" *Modern Industry*, Mayo 15, 1939, página 42

Muestreo del Trabajo

EL MUESTREO DEL TRABAJO ES

la técnica que se aplica para analizar el trabajo, a fin de encontrar las tolerancias aplicables al mismo, para determinar la utilización de la maquinaria, y para establecer estándares de producción. Podría obtenerse la misma información, por medio de los procedimientos de los estudios de tiempos. El muestreo de trabajo es un método que proporcionará, frecuentemente, información más rápida y a un costo considerablemente menor que las técnicas de cronómetro.

Al efectuar un estudio de muestreo del trabajo, el analista hace un número de observaciones, comparativamente grande, a intervalos al azar. La relación entre el número de observaciones de un determinado estado de actividad, y el número total de observaciones tomadas, se aproximará al porcentaje de tiempo en que el proceso se encuentra en ese determinado estado de actividad. Por ejemplo, si 10,000 observaciones a intervalos al azar, en un período de varias semanas, demostraron que una máquina automática para hacer tornillos producía trabajo en 7,000 ocasiones y permanecía ociosa en otras 3,000, por diferentes razones, en tal caso, es razonablemente cierto, que el tiempo de paro de la máquina será 30% del día de trabajo, o sea 2.4 horas y que la productividad efectiva de la máquina será de 5.6 horas al día. El primero en llevar a cabo estudios de muestreo del trabajo fué L.H.C. Tippett, quien lo aplicó a la industria textil inglesa. Más tarde, llamó mucho la atención en E.U.A., bajo el nombre de estudio del "Índice de retrasos".¹ La exactitud de los datos derivados del muestreo, depende del número de observaciones; si el tamaño de la muestra no es del tamaño suficiente, se tendrán resultados inexactos.

El método del muestreo del trabajo tiene ciertas ventajas, sobre el de adquirir datos por el procedimiento convencional del estudio de tiempos. Estas ventajas son:

1. No requiere observación continua por un analista, en un largo período de tiempo.
2. Se disminuye el tiempo manual

¹ R.L. Morrow, *Time Study and Motion Economy* (Nueva York: Ronald Press Co., 1946).

3. Generalmente, el número total de horas hombre empleadas por el analista es mucho menor.²
4. El operador no está sujeto a largos períodos de observaciones a base de cronómetros.
5. Un solo analista puede estudiar fácilmente, operaciones de cuadrilla o grupo.

Toda la teoría del muestreo de trabajo se basa en las leyes fundamentales de la probabilidad. Si en un instante dado, un evento puede sólo estar presente o ausente, los estadísticos han derivado la siguiente expresión, que representa la probabilidad de x ocurrencias de un evento en n observaciones:

$$(p + q)^n = 1$$

p = Probabilidad de una ocurrencia.

q = $(1 - p)$ la probabilidad de una ausencia de ocurrencia.

n = número de observaciones.

Si la expresión arriba citada, $(p + q)^n = 1$, se expande de acuerdo con el Teorema Binomial, el primer término de la expansión dará la probabilidad de que $x = 0$, el segundo término $x = 1$, etc. La distribución de estas probabilidades se conoce con el nombre de Distribución Binomial. Los estadísticos han probado también, que la media de esta distribución es igual a np , y que la variación es igual a npq . La desviación estándar es, desde luego, igual a la raíz cuadrada de la variación.

Podría preguntarse, lógicamente, qué valor tendría una distribución que permite, que un solo elemento, ocurra o no ocurra. Para responder a esto, hay que considerar la posibilidad de tomar, del muestreo del trabajo, una condición cada vez. Todas las demás condiciones pueden considerarse como no ocurrentes, respecto a este evento. Ampliando este punto de vista, podemos ahora, proceder a la discusión de la teoría binomial.

La estadística elemental nos dice que, conforme n se agranda, la Distribución Binomial se acerca a la Distribución Normal.

Puesto que los estudios de muestreo del trabajo abarcan un gran número de tamaños de muestra, la Distribución Normal es una aproximación satisfactoria de la Distribución Binomial. En lugar de utilizar la Distribución Binomial, con una media proporcional de np y una desviación estándar de

\sqrt{npq} , podemos utilizar la distribución de una proporción con una media de p (p.e., $\frac{np}{n}$) y una desviación estándar de $\sqrt{\frac{pq}{n}}$ (p.e., $\sqrt{\frac{npq}{n}}$). En estudios

de muestreo del trabajo, tomamos una muestra de tamaño n para tratar de estimar p . Sabemos que, de acuerdo con la teoría elemental del muestreo, no podemos esperar que la \hat{p} (\hat{p} = la proporción basada en la muestra) de cada muestra sea el verdadero valor de p . Sin embargo, sí podemos esperar que aproximadamente el 95% del tiempo la \hat{p} de cualquier ejemplo caiga dentro del rango de $p \pm 2$ sigma. En otras palabras, si p es el verdadero porcentaje de una determinada condición, podemos esperar que la \hat{p} de cualquier muestra caiga fuera de los límites $p \pm 2$ sigma sólo cinco veces

² *Ibid.*, p. 334.

en cien, debido a pura casualidad. Esta teoría se aplicará para derivar el tamaño de la muestra total, para que dé cierto grado de exactitud. También se aplicará posteriormente para tamaños de sub-muestras.

Ejemplo Ilustrativo

A fin de aclarar la teoría fundamental de muestreo del trabajo, interpretemos los resultados de un experimento. Supongamos, las siguientes circunstancias: durante un período de cien días, hemos observado una máquina que se descompone al azar. Durante este período, hemos tomado, por día ocho observaciones al azar.

Hagamos:

- n = número de observaciones por día
- N = número total de observaciones al azar
- x_i = Número de observaciones de descomposturas observados en n observaciones al azar, en el día i
- $x = 0, 1, 2, 3, \dots, n$
- $i = 1, 2, 3, \dots, k$
- N_i = número de días en que el experimento mostró x número de descomposturas en n observaciones al azar.
- $P(x)$ = probabilidad de x observaciones de descomposturas en n observaciones, según la distribución binomial

$$P(x) = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x q^{n-x}$$

$$p + q = 1$$

en donde:

- p = probabilidad de que la máquina esté descompuesta
- q = probabilidad de que la máquina este funcionando.
- $\tilde{P} = \frac{x_i}{n}$ = proporción observada de tiempo de descompostura por día.

$$\hat{p} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{N}$$

Un estudio de tiempos de todo el día, por varios días, reveló que $p = .5$. La tabla siguiente muestra el número de días en que las x descomposturas fueron observadas ($x=0, 1, 2, 3, \dots, n$) y el número esperado de descomposturas dado por nuestro modelo binomial.

El lector puede observar la concordancia, tan cercana, entre el número de días en que se observaron un determinado número de descomposturas

x	Nx	$P(x)$	$100P(x)$
0	0	.0039	.39
1	4	.0312	3.12
2	11	.1050	10.5
3	23	.2190	21.9
4	27	.2730	27.3
5	22	.2190	21.9
6	10	.1050	10.5
7	3	.0312	3.12
8	0	.0039	.39
	100	1.00*	100*

* Aproximadamente

(N_i) y el número esperado calculado teóricamente $100 P(x)$, cuando $p = .5$. Una hipótesis de que la información teórica se acerca suficientemente a la información observada para aceptar el binomial teórico, puede probarse por la distribución Ji-cuadrada (χ^2). La distribución χ^2 prueba si las frecuencias observadas en una distribución, difieren de un modo significativo de las frecuencias esperadas.

En el ejemplo, en donde la frecuencia observada es N_i y la frecuencia esperada $100 P(x)$:

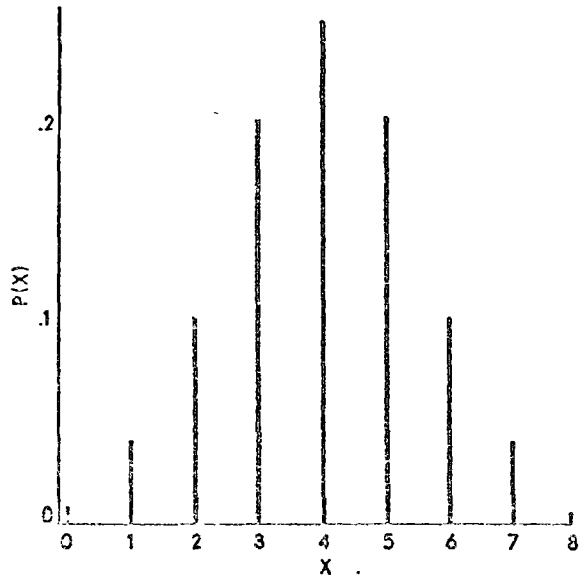
$$\chi^2 = \sum_{x=0}^k \frac{[N_i - 100 P(x)]^2}{100 P(x)}$$

Es decir, la cantidad bajo la suma, está distribuida aproximadamente como χ^2 para K grados de libertad. En este ejemplo tenemos $\chi^2 = .205$

El analista debe determinar, si el valor calculado de χ^2 es suficientemente grande para refutar la hipótesis de nulidad de manera que la diferencia entre las frecuencias observadas y las frecuencias calculadas, sólo se deben a la casualidad. Este valor experimental de χ^2 es tan pequeño que podría fácilmente haber ocurrido por pura casualidad. Por lo tanto, aceptamos la hipótesis de que los datos experimentales "se acomodan" a la distribución binomial teórica.

En la situación industrial típica, p (que se sabía tiene un valor de .5) es desconocida para el analista. La mejor estimación de p es \hat{p} , la que podría calcularse como $\frac{x}{n}$. Según aumenta el número de observaciones tomadas al azar por día (n), \hat{p} se aproximará a p . Sin embargo, con un número limitado de observaciones al azar, el analista está preocupado por la exactitud de \hat{p} .

Si se hiciera una gráfica de $P(x)$, contra x obtenidas del ejemplo anterior, aparecería como sigue:



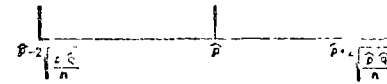
Cuando n no es suficientemente grande, independientemente del valor actual de p , la distribución binomial se aproximará muy de cerca a la distribución normal. Esta tendencia puede verse en el ejemplo anterior en el que p es aproximadamente .5. Cuando p está cerca de .5, n puede ser pequeña, y la distribución normal puede ser una buena aproximación de la distribución binomial.

Al aplicar la aproximación normal, establecemos $\mu=np$ y $\sigma=\sqrt{npq}$. Para aproximar la distribución binomial, la variable z utilizada como entrada en la distribución normal (Véase Tabla XXXV), podría tomar la forma siguiente:

$$z = \frac{x - np}{\sqrt{npq}} = \frac{\frac{x - np}{n}}{\sqrt{\frac{npq}{n^2}}} = \frac{\hat{p} - p}{\sqrt{\frac{pq}{n}}}$$

Sin embargo, aunque en un caso práctico p es una incógnita, podremos estimar a p a partir de \hat{p} y estimar el intervalo en el que p tiene los límites de confianza especificados. Por ejemplo, podemos imaginar el intervalo definido por $\hat{p} - 2\sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}}$ y $\hat{p} + 2\sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}}$ contiene a p , el 95 por ciento de las ocasiones

Gráficamente, esto puede representarse como:



Podemos obtener la expresión para calcular un intervalo de confianza para p , como sigue: supongamos que queremos un intervalo que contenga a p el 95 por ciento de las veces, esto es, un intervalo de confianza de 95 por ciento. Para n suficientemente grande, la expresión, $z = \frac{\hat{p} - p}{\sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}}}$, es aproximadamente una variable normal estándar. Por

lo tanto, podemos determinar la probabilidad.

$$P\left(z_{0.025} < \frac{\hat{p} - p}{\sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}}} < z_{0.975}\right) = 0.95$$

Reordenando las desigualdades, nos da:

$$P\left(\hat{p} - z_{0.975} \sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}} < p < \hat{p} + z_{0.025} \sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}}\right) = 0.95$$

recordando que $-z_{0.025} = z_{0.975} = 1.96$ o aproximadamente 2. El intervalo con aproximadamente 95 por ciento de oportunidad para tener p , es entonces, $\hat{p} - 2\sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}} < p < \hat{p} + 2\sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}}$. Estos límites implican que el intervalo definido contenga a p con un 95 por ciento de confianza, ya que z se ha seleccionado teniendo un valor de 2.

Las suposiciones fundamentales del binomial son que p , la probabilidad de un suceso (que haya descompostura), es constante en cada instante al azar en que observamos el proceso. De aquí que es siempre necesario tomar observaciones al azar, cuando se hacen estudios de muestreo del trabajo.

Determinación de la Frecuencia de las Observaciones

Es necesario que el analista sepa con que precisión debe de hacer los estudios, para determinar el número de observaciones necesarias. Cuanto mayor sea el número de observaciones, tanto más válida será la respuesta final. Tres mil observaciones darán resultados de mayor confianza que

300. Sin embargo, en donde la exactitud del resultado no es lo más importante de las consideraciones, trescientas observaciones pueden ser más que suficientes.

En los procedimientos del muestreo al azar, hay siempre el peligro de que el resultado final de las observaciones resulte fuera de la tolerancia aceptable. Estos errores del muestreo disminuirán incrementando el tamaño de la muestra. El error estándar de un porcentaje del muestreo, que aparece en la mayor parte de los libros de texto sobre estadísticas, puede expresarse en la siguiente ecuación:

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

donde

- σ_p = la desviación estándar de un porcentaje
- p = porcentaje verdadero de ocurrencia del elemento que se busca, expresado como decimal
- n = número total de observaciones al azar, sobre las que se basa p .

Aproximando el porcentaje verdadero de la ocurrencia del elemento que se busca (que podemos designar como \hat{p}) y conociendo la tolerancia del error estándar permitido, es posible sustituir en la fórmula anterior y calcular n .

$$n = \frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{\sigma_p^2}$$

Por ejemplo, se desea determinar el número de observaciones requeridas, con el 95 por ciento de confianza, de manera que la verdadera proporción del tiempo de retrasos personales e inevitables esté en el intervalo 6-10 por ciento. Se espera que el tiempo de los retrasos personales e inevitables, encontrado en la sección de la planta que se estudia, sea de 8 por ciento. Estas suposiciones expresadas gráficamente, aparecen en la figura 21-1.

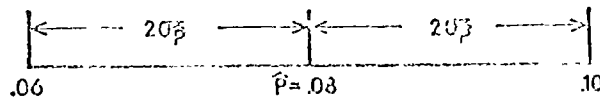


Fig. 21-1 Rango de tolerancia del porcentaje de retrasos inevitables que se requieren en una sección determinada de la planta.

En este caso p será igual a .08 y σ_p será igual a 1%, o .01. Utilizando estos valores, podemos resolver, para n como sigue:

$$n = \frac{.08(1-.08)}{(.01)^2} = 736 \text{ observaciones.}$$

Con frecuencia, es conveniente expresar, como un elemento de tolerancia en porcentajes, el intervalo del elemento que se busca. En el ejemplo citado, usamos un 25% de elemento de tolerancia (.027,06). Para facilitar el cálculo de n , para tolerancias variables del elemento que se busca, para un nivel dado de confianza, es posible construir un nomograma. La figura 21-2 ilustra tal nomograma, para el límite de confianza del 95% (2 desviaciones estándar).

Después de haber obtenido la estimación inicial del número de observaciones, podrá calcularse una estimación más exacta de p . Aplicando la ecuación anterior, $n = \frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{\sigma_p^2}$, se calcula de nuevo la exactitud obtenida. Si la exactitud lograda es tan buena o mejor que la exactitud que se deseaba, podremos aceptar a \hat{p} como el valor verdadero del valor p de la población. Si la exactitud que se deseaba no se obtuvo, hay que tomar más observaciones y repetir el proceso anterior.

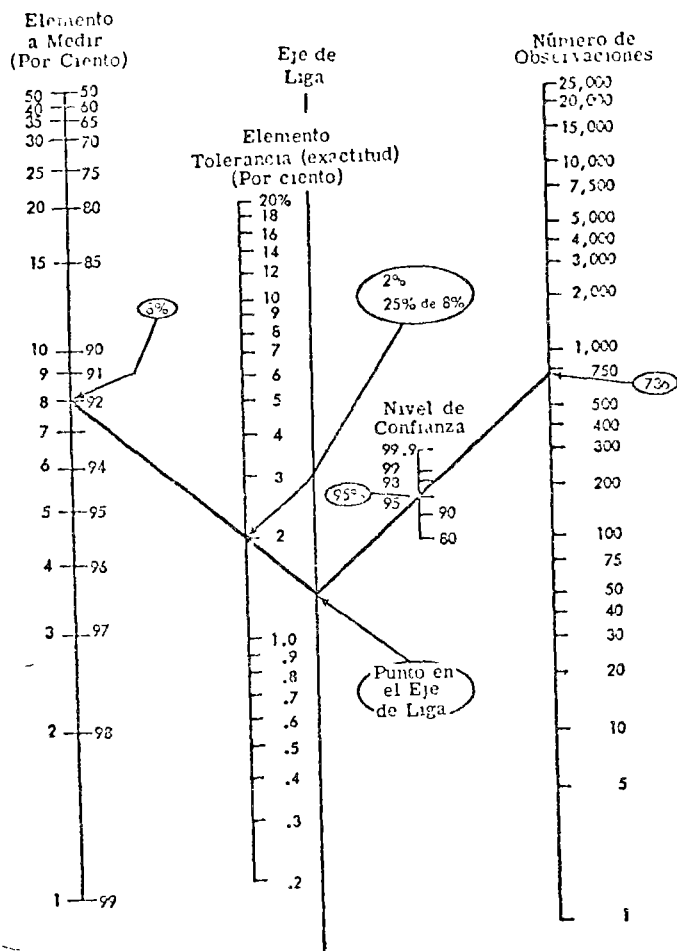
Determinación de la Frecuencia de las Observaciones

La frecuencia de las observaciones depende, en su mayor parte, del número de observaciones requeridas y del tiempo límite para obtener los datos. Por ejemplo, si se necesitaran 3,600 observaciones y el estudio tomara que completarse en 30 días calendario, necesitaríamos obtener aproximadamente.

$$\frac{3600 \text{ observaciones}}{20 \text{ días hábiles}} = 180 \text{ observaciones por día hábil}$$

Naturalmente, el número de analistas disponibles y la naturaleza del trabajo que se estudia, influenciarán también, la frecuencia de las observaciones. Por ejemplo, si sólo existe un analista y si está acumulando datos de tolerancia en una batería limitada de máquinas, sería poco práctico que tomara 180 observaciones en un día de trabajo. Una vez determinado el número de observaciones por día, debe elegirse la hora real en que el analista registre sus observaciones. Para obtener una muestra representativa, es muy importante que las observaciones se tomen a todas horas del día de trabajo.

En el ejemplo citado, podríamos suponer que hay un analista disponible y que está estudiando una batería de 20 tornos revólver, para determinar tolerancias por retrasos personales e inevitables. El ha calculado que se requerirán 180 observaciones por día, y ya que tiene 20 máquinas que observar, tendrá que hacer nueve viajes al azar, en un período de 20 días. La hora del día seleccionada para éstas nueve observaciones deben de escogerse, al azar, todos los días. De esta manera, no debe establecerse ningún ritmo de día a día, para la hora en que el analista aparezca en la planta de producción. Podrá emplearse el siguiente método: elegir diariamente nueve números de una tabla de estadística de números al azar, que vayan del 1 al 48 (véase Apéndice 3, tabla XLIII). Se le da a cada número un valor en minutos equivalente a diez veces su magnitud. Los números



Cortesía: Arnold D. Moskowitz

Fig 21 2 Nomograma para determinar el número de observaciones al azar para varios niveles de confianza

seleccionados pueden luego, establecer la hora en minutos, desde el principio del día de trabajo, hasta la hora para tomar las observaciones. Por ejemplo, el número al azar 20 significaría que el analista debería de hacer una serie de observaciones 200 minutos después del comienzo del turno. Si el trabajo del día comienza a las 8:00 A.M., entonces a las 11:20 A.M., tendrá que hacerse la inspección de los operarios de los 20 turnos revólver (en el ejemplo citado anteriormente).

Las Observaciones y el Registro de la Información

Para anotar convenientemente la información necesaria, el analista deberá diseñar un diagrama, para anotar la frecuencia de los acontecimientos como ellos ocurran. En la figura 21-3 aparece una forma de muestra representativa para el estudio de un turno. Aquí se hicieron por turno seis observaciones de cada máquina. Se indicó con un dígito, a fin de señalar la observación particular, en el espacio proporcionado para la anotación del estado de cada máquina bajo estudio. Como se estudiaban catorce máquinas, se hicieron un total de 84 observaciones por cada turno.

Al acercarse al área de trabajo, el analista, no debe de pensar en la anotación que espera hacer. Debe de caminar hasta un punto a distancia determinada de las máquinas, hacer su observación y anotar los hechos. Puede ser útil hacer una marca en el piso, en el punto en que el analista debe detenerse antes de hacer sus observaciones. Si el operario o la máquina que se estudia se encuentran ociosos, el analista debe determinar, al hacer su anotación, las razones de la ociosidad. El analista debe aprender a hacer observaciones visuales, escribiendo sus anotaciones después de abandonar el área de trabajo. Esto minimizará, en los trabajadores del taller, el sentimiento de estar siendo observados y hará que actúen en la forma acostumbrada.

Para asegurar que los operarios actúan del modo habitual, es aconsejable ponerlos al tanto de la finalidad del estudio. El hecho de que no se use ningún reloj, suele quitar a los operarios cierta tensión mental, muy poca dificultad podrá encontrarse para obtener su absoluta cooperación.

Uso de una Cámara para el Análisis de Actividades al Azar

Cuando se trate de estudiar únicamente a personas, el analista tendrá que ser parcial, aun observando los requisitos del trabajo por muestreo. Esto sucede porque, al llegar el observador al centro de trabajo, influenciará instantáneamente la actividad del operario. El operario tendrá la tendencia a ponerse a producir tan pronto como ve al analista acercarse al centro de trabajo. Además, también hay una tendencia natural a que el observador anote lo que acaba de suceder, o lo que va a suceder, más bien que lo que está realmente sucediendo, en el momento exacto de la observación.

El uso de una cámara para el análisis de actividades al azar, similar a la descrita en el Capítulo 9, permitirá estudios de muestreo de trabajo, sin prejuicios de problemas relacionados con las personas. En un estudio de muestreo del trabajo, efectuado recientemente por el autor, para determinar la atención de cada trabajador, se demostró, significativamente, el valor de la cámara para el análisis de las actividades al azar. Se llevó a cabo un trabajo de muestreo, aplicando medios manuales convencionales mientras se tomaba el estudio de la misma actividad por medio de la cámara para el análisis de actividades al azar. En seguida se compararon los resultados de ambos estudios. Se trató de un centro de procesamiento de datos, en el que los empleados involucrados, perforaban y verificaban varias clases y cantidades de tarjetas. El estudio sólo se ocupaba de los elementos "trabajando" y "no trabajando". El tiempo de trabajo incluía los elementos de ajustar las tarjetas, quitarlas, perforarlas, etc., mientras que "no trabajar", significaba ausencia del lugar de trabajo y ociosidad.

Los datos obtenidos con la cámara para el analista de actividades al azar, fueron un 12.3 por ciento mayores del promedio de "no trabajando" del que había indicado el estudio de observaciones personales. La tabla XXXIV resume los porcentajes diarios de "Ausentes y no Trabajando" de los dos métodos de muestreo empleados.

TABLA XXXIV

PORCENTAJE DE TIEMPOS DE AUSENCIA Y DE NO TRABAJAR DE MUJERES OCUPADAS EN ACTIVIDADES DEL PROCESADO DE DATOS

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Estudio de cámara	42.9	47.1	48.9	47.9	45.7	53.2	50.7	49.3	43.6
Estudio de observación personal	36.8	40.7	37.1	32.1	32.1	31.9	35.2	31.5	42.0

En el período de 9 días que duró el estudio con la cámara, se hicieron dos mil quinientas veinte observaciones (2520) y 2,170 por el método de observaciones directas, durante el período siguiente de nueve días. Las observaciones diarias, por las dos técnicas, aparecen en la Tabla XXXV.

TABLA XXXV

Día	Número de observaciones con la cámara	Número de observaciones personales
1.....	280	280
2.....	280	140
3.....	280	294
4.....	280	280
5.....	280	280
6.....	280	210
7.....	280	210
8.....	280	252
9.....	280	224
Total.....	2,520	2,170

Se hizo una prueba "t" para comparar los datos obtenidos por ambas técnicas, para determinar si la diferencia en los datos es de alguna importancia. Se estableció la hipótesis de nulidad, afirmando que los resultados del estudio de muestreo de trabajo por observaciones personales eran iguales a los obtenidos por medio de la cámara de momovimientos.

La Tabla XXXVI representa la diferencia en porcentajes de los tiempos de "Ausente y Sin trabajar", observados durante los 9 días por los dos métodos.

TABLA XXXVI

DIFERENCIAS ENTRE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO DE CÁMARA Y EL ESTUDIO DE OBSERVACIÓN PERSONAL PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE AUSENCIA Y DE TIEMPOS NO TRABAJADOS

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Diferencia	6.1	6.4	11.8	15.8	13.6	21.3	15.5	11.8	1.6

La diferencia media es $\frac{\sum X}{n} = \frac{106.9}{9} = 11.9$

Si no hubiera distorsión entre los dos métodos, debería esperarse que la diferencia media no diferiría mayormente de 0.

Con el valor supuesto de 0 de la discrepancia media de la población podremos calcular un valor de "t" de la expresión:

$$t = \frac{(\bar{X} - \bar{x}) \sqrt{n - 1}}{s}$$

En donde s = desviación estándar de las diferencias.

$$s^2 = \frac{\sum d^2}{n} - d^2 = 33.04$$

y

$$s = 5.75$$

por lo que

$$t = \frac{(11.9 - 0) \cdot 8}{5.75} = 5.86.$$

Comparando el valor calculado de "t" (5.86), con el valor tabulado al nivel de probabilidad .001 para ocho grados de libertad (Véase Tabl. XII) de 5.041, podemos concluir que, la diferencia entre los datos obtenidos por ambos métodos, es muy significativa.

Aplicación en la Determinación de Tolerancias

Una de las aplicaciones más extendidas del muestreo del trabajo ha sido en el establecimiento de tolerancias, que han de aplicarse en unión de los tiempos normales, para determinar los tiempos asignados. Sin embargo, la técnica se ha venido aplicando, también, para establecer estándares de producción, determinar la utilización del equipo, asignaciones de trabajo y mejoramiento de métodos.

La determinación de tolerancias debe de ser correcta, para establecer estándares justos, como se explicó en el capítulo 16. Antes de la introducción del muestreo del trabajo, los retrasos, por razones personales y retrasos inevitables, solían determinarse tomando, durante todo el día, series de estudios de varias operaciones, luego se promediaban los resultados. De este modo, el número de viajes al baño, a tomar agua, el número de interrupciones, etc., se anotaban tomándose el tiempo y analizándose, para luego determinar una tolerancia justa. Aún cuando semejante método da la

Se deseaba información acerca de la utilización de máquinas, en una sección de un taller de maquinaria pesada. La gerencia había determinado que el tiempo de corte real en esa sección debería de ser el 60 por ciento del día, para satisfacer las cotizaciones remitidas. Esta sección del taller comprendía 14 máquinas y se había estimado que se necesitarían unas 3000 observaciones, para llegar a la exactitud que se requería.

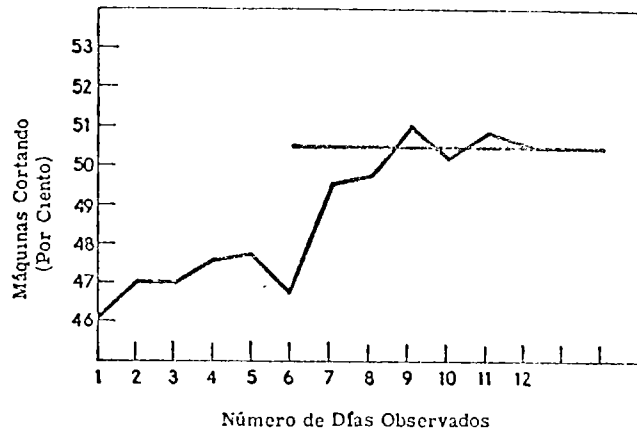


Fig 21-5 Porcentaje acumulativo para corte en máquina.

Se diseñó una forma para el muestreo (Véase Figura 21-3) para acomodar los 16 estados diferentes en que podría hallarse cada máquina estudiada, al ser observada.

Se estableció un modelo de visitas al azar, para asegurar este punto importante del estudio. Se hacían seis observaciones de cada máquina, en cada uno de los 3 turnos.

Habiendo 14 máquinas y 6 observaciones por cada turno, una prueba rápida de las 84 lecturas separadas por hoja, aseguraba que el turno quedara completamente cubierto (Véase Figura 21-3). El analista empleaba unos 15 ó 20 minutos en cada viaje, de manera que sólo estaba ocupado durante dos horas por turno, quedándole tiempo suficiente para ejecutar en las seis horas restantes, el resto de su trabajo.

Se preparó un diagrama del porcentaje acumulativo del tiempo de corte de máquina, ya que se deseaba, principalmente, conocer el estado del tiempo real de corte. (Véase la Figura 21-5). Al principio de cada día del estudio, se tomaban acumulativamente todas las observaciones, como una relación del total de observaciones a la fecha. Al final del décimo día, el porcentaje del tiempo de corte de las máquinas comenzó a nivelarse a un 50.5 por ciento.

Después de haber estudiado 36 turnos, la suma de todas las observaciones, en cada una de las categorías, dividida por el número total de observaciones, dio los porcentajes que representaban la distribución del tiempo de corte, tiempo de preparación y las diversas clases de retrasos enumeradas. La Figura 21-6 ilustra la hoja resumen del estudio. Nótese

que el tiempo de corte era de 50.7 por ciento. El porcentaje de tiempo requerido para tolerancias, por los retrasos varios, indicó las formas para el mejoramiento del método, que ayudarían a aumentar el tiempo de corte.

Aplicación en el Establecimiento de Estándares para Mano de Obra Directa e Indirecta

Algunas compañías³ se están dando cuenta que este instrumento puede aplicarse para establecer estándares de incentivos en mano de obra, tanto directa, como indirecta. La técnica es la misma que se sigue para determinar las tolerancias. Se toma un gran número de observaciones al azar; el porcentaje del número de observaciones en que la máquina está trabajando, se aproximará al porcentaje de tiempo en que realmente lo hace.

La técnica de una compañía para tomar estudios de muestreo del trabajo, en operaciones de oficina, es el de observar a cada operario a intervalos de un minuto. Se dan números de identificación a cada elemento de trabajo que el operario puede ocupar, y el analista simplemente marca, en la forma, el número apropiado en el sitio correspondiente. Cada 5 minutos, el analista califica la actuación del operario y la anota en el espacio correspondiente. Al final del estudio, se determina un factor colectivo promedio de calificación.

Los minutos normales requeridos por cada elemento de trabajo pueden expresarse:

$$T_n = \frac{P \times N}{P_a}$$

en donde

- T_n = Minutos normales para ejecutar el elemento
- P = Factor selectivo promedio de calificación
- N = Total de observaciones por determinado elemento
- P_a = Producción total por el período observado

Por ejemplo, para determinar el tiempo normal para el elemento "Escribir el encabezado del reporte en una forma BM", el analista puede haber preparado un estudio de muestreo para 84 observaciones, durante las cuales el empleado estaba realmente ejecutando este elemento de trabajo, durante el período de estudio, se hicieron 12 reportes y se determinó que el factor selectivo de calificación, era de 110 por ciento. El tiempo normal será, pues, igual a:

$$\frac{(110\%) (84)}{12 \text{ reportes}} = 7.7 \text{ minutos, tiempo normal por encabezado de reporte}$$

La figura 21-7 ilustra la forma para un estudio de 40 minutos. La columnas I, P, y M sirven para colocar retrasos de ocio, personales, así como observaciones misceláneas. Cada cinco minutos, se anota el factor de

³ Aluminum Company of America y Douglas Aircraft Co.

FECHA Z15	OSSEVADORA C1500	MAQUINA IPLAN	CORTE	PREPARACION MAQUINA OCIOSA	ESPERAR GRUA	AUXILIAR INSPECCION	ESPERAR HERRAMIENTAS	NO DISPONIBLE	CON LIA-PROBIL	CONSULTAR CON	OTRO TUBO CON	DE HERRAJE	HERAJE O APILAZA	CONGREGAR CON	CAPAZ INSPEC	ESPERA TRABAJOS	LIMPIA MESA	MISCELANEOS	SIN OPERARIO
VBM de 20'	101	7	14	7	3	1	1	2	2	37	5	3	3	5	3	9	2	216	
VSM de 16'	102	34	14	15	3	1	1	1	1	8	5	1	1	2	4	4		216	
VBM de 28'	119	34	10	5	5	2				10	2	1	2	2	18			216	
VBM de 12'	109	34	12	13	6	1		3	26	6	2	3	3	2	6			216	
CEPILLO 8'	127	17	6	9	2			2	24		2	3	15	4	12			216	
MMS de 8'	64	18	17	16	7			2	30	7	3			28	28			216	
VSM de 16'	147	19	10	14	3	1		2	15	2	3			1	1	3		216	
CEPILLO 14'	140	8	5	7	2			2	17	3	3			1	11	10		216	
TORNO M72"	99	13	12	7	3			1	22	8	2			3	36			216	
TORNO M96"	89	9	29	13	11	1		2	29	0	3	4		3	0			216	
TORNO M36"	109	14	12	6	10	3	3		32	9	8	2		1	5			216	
TORNO M160"	72	34	13	14	6	2	1	4	21	3	3	1	1	1	4	17		216	
C/P 11 - 1/2	106	35	11	10	4			1	11	4	6	3	7	8	16			216	
VSM de 32'	151	23	8	7	1			1	10	2	1	5	7	5	5			216	
TOTAL	1554	280	173	145	62	8	6	3	19	328	64	34	43	13	76	224	3024	100%	

Fig. 21-6 Hoja resumen de muestreo del trabajo

1 VISION-VERIFICAR REPORTE TOT		11 OBTENER INFORM (DISCUTIR ETC.)
2 CABEZAS		12 OBTENER SUPUESTOS (M 5 VIAS) S
3 COLOCACION DEL REPORTE		13 ARCHIVO
4 ENTREGA		14
5 PREPARACION REPORTE MANUAL		15
6 EDICION ASIGNE (RESUMIA, NO LIC)		16
7 CORRECCION TAREJAS DE ERROR		17
8 ADICION		18 TIEMPO LIBRE
9 ATENCION A FI		19 TIEMPO PERSONAL
10 TELEGRAMAS-RECLP-DESPACHO		20 DIVERSOS

TABULACION-OFFICINA																						
DE 800 A 840														FECHA 1/12/								
NIV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	LEV	NOTAS
1																						
2																						
3																						
4																						
5																					110	
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						115
11																						
12																						
13																						
14																						117
15																						
16																						
17																						
18																						
19																						
20																						120
21																						
22																						
23																						
24																						
25																						
26																						Basquet, estampillas Sello fechador
27																						
28																						
29																						
30																						Conseguir clip
31																						
32																						
33																						
34																						
35																						
36																						
37																						
38																						
39																						
40																						115
TOTAL	2									120	13											15

Fig 21-7 Forma para el estudio de tiempos por muestreo del trabajo para operaciones de oficina

calificación del operario, debajo de la columna intitulada "Niv". La tabla de datos estándar que aparecen en la página , ilustra datos estándar representativos, desarrollados por medio de la técnica que acaba de explicarse.

Una expresión más generalizada para determinar los minutos normales para ejecutar un elemento bajo estudio, donde se hacen observaciones a intervalos de duración fija, sería:

$$T_n = \frac{\sum \text{Calificaciones}}{100} \times I$$

$$P_n$$

en donde

I = intervalo establecido entre observaciones.

Por ejemplo, supongamos que se hacen 30 observaciones a intervalos de 0.50 de minuto, en un trabajo que contiene tres elementos y que se han producido 12 unidades del producto. En la Figura 21-8 aparecen los datos tabulares involucrados y los minutos normales para los tres elementos serían como sigue:

$$T_1 = \frac{8.60 \times 0.50}{12} = 0.358 \text{ minutos.}$$

$$T_2 = \frac{7.05 \times 0.50}{12} = 0.293 \text{ minutos.}$$

$$T_3 = \frac{11.80 \times 0.50}{12} = 0.490 \text{ minutos.}$$

Número de Observación	Elemento 1 Calificación de la Actuación Observada	Elemento 2 Calificación de la Actuación Observada	Elemento 3 Calificación de la Actuación Observada	Descuido
1	90			
2				100
3		110		
4	95			
5	100			
6		100		
7			105	
8	90			
9			110	
10	85			
11			95	
12		90		
13			100	
14			95	
15	80			
16			110	
17		105		
18			90	
19	100			
20			85	
21			90	
22			90	
23	110			
24			100	
25		95		
26				100
27		105		
28		100		
29			110	
30	110			
Σ Calificación	860	705	1180	100
Σ Calificación 100	8.60	7.05	11.80	1.00

Fig 21-8 Datos tabulares de un estudio de muestreo del trabajo de tres elementos

Podría criticarse la técnica de esta compañía por no haber tomado las observaciones al azar; por lo que podrían haberse obtenido resultados parciales. Por ejemplo, podría haberse omitido de las observaciones, un elemento cíclico corto, efectuado cada minuto, lo cual no hubiera sucedido si se hubieran tomado suficientes observaciones al azar. La expresión utilizada por esta compañía, para establecer estándares en trabajo de oficina, puede modificarse a fin de poder aplicarla a un estudio de muestreo hecho a base de observaciones al azar, y no por tiempos regulares predeterminados. Esto puede expresarse:

$$T_n = \frac{(n)(T)(P)}{(P_o)(N)}$$

$$T_o = T_n + \text{Tolerancias.}$$

donde:

T_n = Tiempo normal elemental.

T_o = Tiempo elemental asignado.

P = Factor de calificación de actuación.

P_o = Total de producción en el período estudiado.

n = Total de observaciones del elemento que se estudia.

N = Total de observaciones efectuadas en el estudio.

T = Tiempo total del operario, representado por el estudio.

Código	Minutos Normales Por vez	Descripción
P1001	.377	Obtener Material de Mesa de Trabajo. El operador se levanta de su lugar de trabajo, camina (de 4 a 22 pies) para conseguir el material y regresa a su lugar de trabajo.
P1002	.356	Colocar Tarjeta de Programa en la Máquina. El operador selecciona la tarjeta de programa adecuado de un pequeño archivo de tarjetas (4 x 7 1/2 pulgadas) a una longitud normal del brazo en el lado izquierdo de la mesa de trabajo. El operador quita el cilindro del programa de la máquina, coloca la tarjeta de programa y asegura el cilindro en la máquina (incluye el quitar la tarjeta del programa anterior).
P1003	.016	Quitar Tarjetas de la Máquina Sellar Documento. El operador quita las tarjetas del receptor de la máquina localizado a la izquierda, sella el documento (facturas, listado de órdenes, etc.), con un sello de identificación del operador.
P1004	.071	Referencia al Código del Libro. El operador obtiene de el tablero de referencia al código que indica el tipo de tabulación (seis ligetes). El tablero de referencia se coloca en posición por medio de descripciones de tipo RTVA.
P1005	.065	Colocar Tarjetas y Copia en Chisole de Trabajo. El operador coloca las copias y las tarjetas en las ranuras de la mesa de trabajo localizadas a la izquierda dentro del área normal del brazo.
P1006	.377	Proporciona Tarjetas y Copia al Verificador. El operador se levanta, camina (de 4 a 22 pies) y coloca las tarjetas y la copia sobre la mesa de trabajo del verificador.

P1007	.300	<i>Perfora Tarjeta de Grupo.</i> El operador perfora tarjeta de grupo que contiene información común al grupo de trabajo (ver descripción individual).
P1008	.300	<i>Perfora Tarjeta de Trabajo.</i> El operador perfora la tarjeta de trabajo que contiene información común a una unidad particular (orden, factura, cliente, etc.) (ver descripción individual).
P1009	.300	<i>Perfora Tarjeta de Total.</i> El operador perfora la tarjeta que contiene la información común o de total (ver descripción individual).
P1010	Diagrama	<i>Perfora Tarjeta de Detalle.</i> El operador perfora la tarjeta de detalle que contiene información parcialmente duplicada de las tarjetas de grupo, trabajo y total, y perfora la información importante del elemento individual (Ejemplo un tipo particular de tubo como un detalle dentro de una orden).
P1011	Diagrama	<i>Perfora Tarjeta de Fecha de Entrega.</i> El operador perfora la tarjeta que contiene las fechas de entrega de los detalles individuales.

Supongamos, por ejemplo, que se tiene que establecer un estudio en la operación de mantenimiento para lubricar motores fraccionarios de caballos de fuerza. Si un estudio de 120 horas reveló, después de 3,600 observaciones, que en las máquinas que se estudiaban había tenido lugar 392 casos de lubricación de los motores, y que se mantenían un total de 180 máquinas que usaban motores fraccionarios de caballos de fuerza, y que el factor de actuación medio era de 0.90, en tal caso, el tiempo normal para lubricar un motor de fracción de caballos sería:

$$\frac{(392 \text{ observaciones}) (7,200 \text{ minutos}) (.90 \text{ factor de actuación})}{(180 \text{ total de producción}) (3,600 \text{ total de observaciones})}$$

$$\frac{(392) (7,200) (.90)}{(180) (3,600)} =$$

3.92 minutos para lubricar un motor de fracción de caballos de fuerza.

Este instrumento tiene múltiples aplicaciones. Con él se puede determinar el tiempo de paro de una máquina, la cantidad relativa de tiempo de los elementos de preparación y desmontaje para toda clase de trabajos y la cantidad relativa de trabajos manuales y mentales, así como los retrasos en los trabajos de oficina; se puede, también estudiar la mano de obra directa y el trabajo de administración, para establecer las mejores asignaciones de trabajo y procedimientos de métodos.

Vender el Muestreo de Trabajo

Antes de comenzar un muestreo de trabajo, es conveniente que el analista venda la aplicación y seguridad de este instrumento a todos los miembros de la organización, afectados por los resultados. Si va a utilizarse para establecer tolerancias, debe venderse al sindicato y al capataz, no menos que a la gerencia de la compañía. Esto puede lograrse por medio de cortas sesiones con los representantes de las diversas partes interesadas, explicándoles ejemplos de la ley de probabilidades, ilustrando así, por qué funcionará el procedimiento del índice de retrasos. Tanto los sindicatos,

como los trabajadores, ven con buenos ojos las técnicas del muestreo, una vez que se les han explicado plenamente, ya que el muestreo es completamente impersonal, no utiliza el cronómetro y está basado en métodos estadísticos y matemáticos aceptados.

En la primera sesión que se tenga para explicar el muestreo del trabajo, puede usarse el ejemplo de los volados imparciales de las monedas. Todos los participantes se darán cuenta de que en un primer volado hay 50-50 de probabilidades para cada "cara" de la moneda. Si se les preguntara, de que modo determinarían la probabilidad de cara o cruz responderán, sin duda, que haciendo volar la moneda unas cuantas veces para ver lo que resulta. Si se les preguntara si dos veces sería suficiente, responderán que "No". Podría sugerirse hacerlo diez veces y la respuesta sería que "tal vez no sería suficiente". Si se sugiriera hacerlo 100 veces, todos quedarán de acuerdo: "Esto dará cierta certeza". Este ejemplo dejará bien asentado el requisito principal del muestreo de trabajo: el tamaño suficientemente grande de la muestra, para asegurar un significado estadístico.

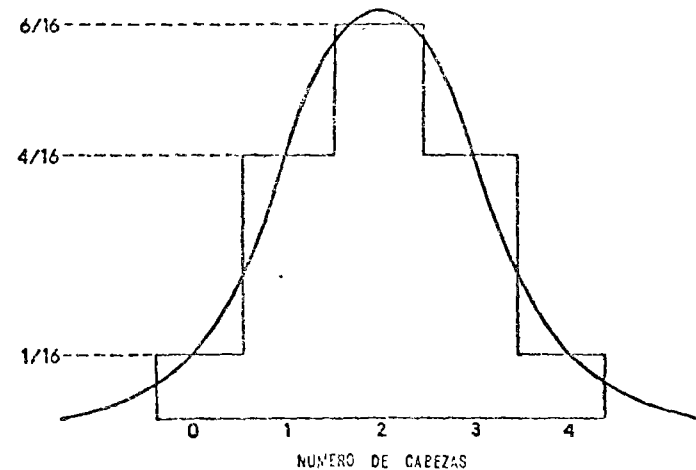


Fig. 21-9 Distribución del número de caras (aguilas o sol) en un número infinito de volados con cuatro monedas imparciales

En seguida, el instructor debe discutir los resultados probables de lanzar, imparcialmente, cuatro monedas. Debería explicarse que, sólo hay un arreglo en que las monedas pueden caer sin que haya "cara", y sólo uno en el que todas las monedas presentarán las "caras". Sin embargo, cuatro arreglos distintos podrían resultar tres "caras", y del mismo modo, a la "cara", puede resultar de cuatro arreglos distintos. Hay seis arreglos distintos que darán dos "caras".

Teniendo en cuenta las 16 posibilidades, el grupo tendrá que reconocer que, si continúa e imparcialmente se lanzaran al aire cuatro monedas, se distribuirían del modo ejemplificado en la figura 21-9.

Después de la explicación anterior y de la demostración de semejante distribución, echando varios valores y anotando los resultados, por el

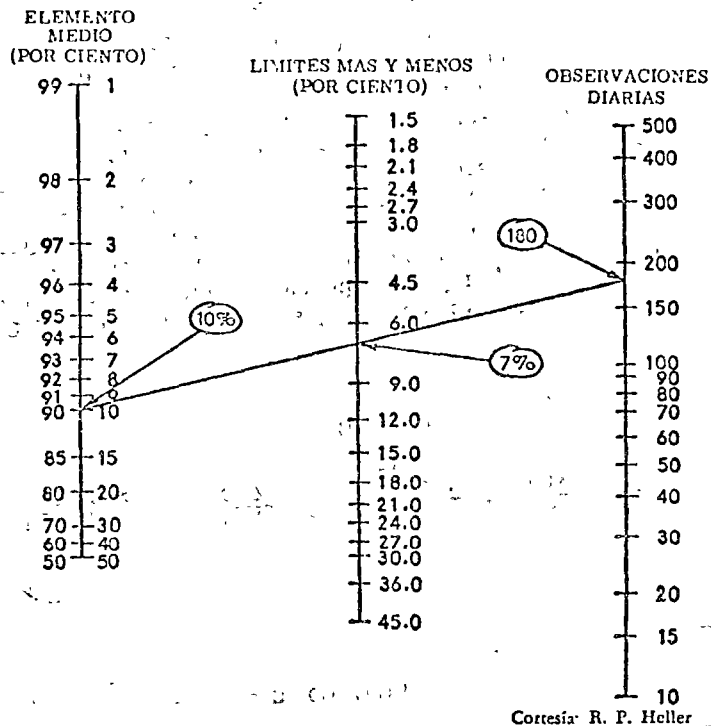


Fig. 21-11 Nomograma Buscando los límites de control en los resultados en muestreo del trabajo.

manera, una muestra con un valor p se supone que viene de otra población diferente, o que la población original se ha cambiado si p' cae fuera de los límites de 3 sigma.

$$\text{Ecuación (1)} \quad 3\sigma_p = 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

Como en el trabajo de calidad, algunos puntos que no sean los que están fuera de control pueden tener significado estadístico. Por ejemplo, es más probable que un punto salga fuera de los límites de 3 sigma, que dos puntos sucesivos puedan caer entre los límites de 2 y 3 sigma. De aquí que, dos puntos sucesivos entre los límites de 2 y 3 sigma indicarían que la población ha cambiado. Se han derivado series de grupos de puntos significativos. Esta idea se discute en textos sobre control de calidad estadística, bajo el título "Teoría de Corridas".

Un ejemplo hipotético demostrará cómo los diagramas de control pueden facilitar un estudio de muestreo del trabajo. La compañía XYZ quiere medir el porcentaje de paros de máquinas en el departamento de tornos. Una estimación original afirma que el tiempo de paro es aproximadamente de

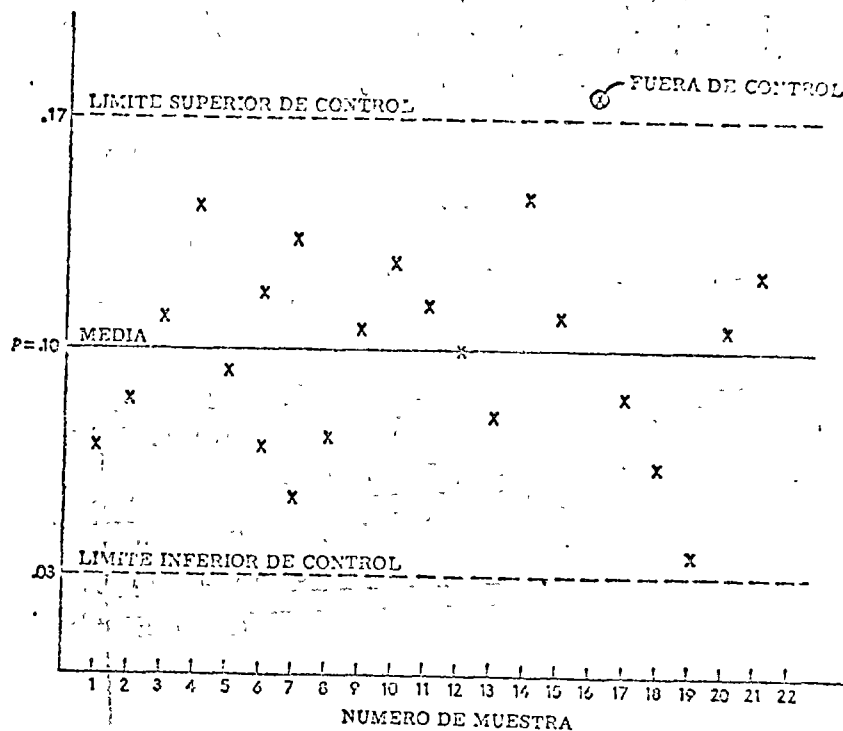


FIG. 21-12.

$$\text{Ecuación (1)} \quad 3\sigma_p = 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

20. Los resultados que se desean tienen que estar dentro del $\pm 5\%$ de p , con un nivel significativo de .95. El tamaño de las muestras se ha calculado en 6,400. Se decidió tomar las 6,400 lecturas en un período de 16 días, a razón de 400 lecturas por día. Se calculó un valor de p' para cada muestra diaria de 400. Se estableció un diagrama p para $p = .20$ y el tamaño de una sub-muestra $N = 400$ (véase Figura 21-13). Se tomaron las lecturas y se trazaba p' cada día. En el tercer día, el punto p' llegó más allá del límite superior de control. Una investigación reveló que había ocurrido un accidente en la planta y que varios de los hombres habían abandonado sus máquinas para ayudar al empleado herido y llevarlo al hospital de la planta. Este punto se descartó del estudio, por haberse descubierto una causa del error. De no haberse utilizado el diagrama de control estas observaciones se hubieran incluido en el estimado final de p .

En el cuarto día, el punto p' cayó bajo el límite inferior de control. No pudo encontrarse causa alguna conocida para explicarlo.

El ingeniero industrial a cargo del proyecto notó también, que los valores de p' habían estado debajo de la media de p' durante los dos primeros

días. El mismo ingeniero decidió calcular un nuevo valor para p , utilizando los valores de los días 1, 2, y 4. El nuevo valor de p resultó ser .15. Para obtener la exactitud requerida de n son ahora necesarias, solo 5,700 observaciones. Los límites de control también cambian, como aparece en la figura 21-14. Se tomaron observaciones durante doce días más y se graficaron los valores individuales de p , sobre el nuevo diagrama.

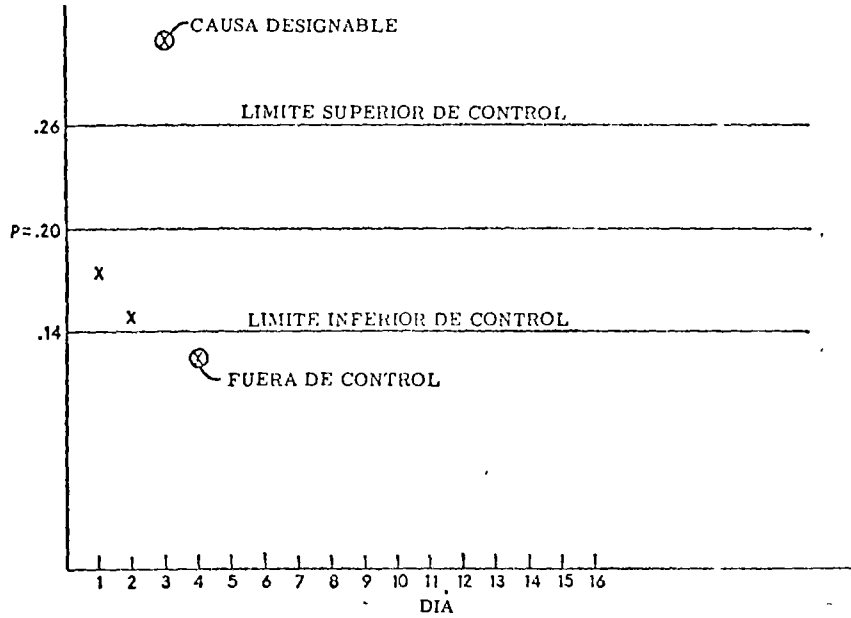


FIG. 21-13

Como puede verse, todos los puntos cayeron dentro de los límites de control. A continuación, se calculó un valor más exacto de p , empleando todas las 6,000 observaciones. El nuevo valor de p quedó determinado en .14. Un cálculo de la exactitud obtenida demostró que ésta era un poco mejor de lo que se deseaba. Como una prueba final, se aplicaron nuevos límites de control con p igual a .14. Las líneas punteadas sobreimpuestas en la figura 21-14, mostraron que todos los puntos estaban, todavía, bajo control, utilizando los nuevos límites. Si un punto hubiera quedado fuera de control, hubiera sido eliminado y se hubiera calculado un nuevo valor de p . Este proceso podría haberse repetido hasta lograr la exactitud requerida y que todos los valores de p estuvieran bajo control.

Podría uno preguntarse, ¿había alguna razón para pensar que si el porcentaje de máquinas paradas el día de hoy es de .14, será también de .14 dentro de un año? El mejoramiento debe ser un proceso continuo y debía

disminuir el porcentaje de tiempo muerto de las máquinas. Una de las finalidades del muestreo del trabajo es el de determinar áreas de trabajo que puedan mejorarse. Después de descubrir tales áreas, hay que intentar mejorar la situación. Los diagramas de control pueden aplicarse para mostrar el mejoramiento progresivo de las áreas de trabajo. Esta idea es, especialmente importante, si se aplicaran los estudios de muestreo del trabajo para establecer tiempos estándar, porque semejentes estándares, si han de ser realistas, deben cambiarse siempre que cambien las condiciones.

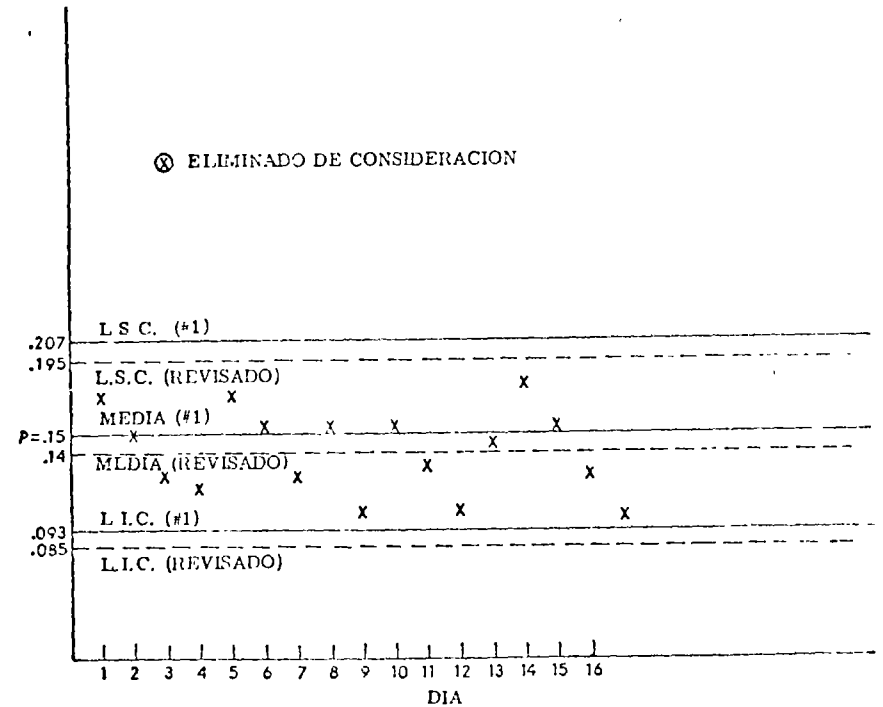


FIG 21-14.

Conclusión

El método de muestreo del trabajo es, en manos del analista de métodos, otro instrumento que le permite reunir los hechos de un modo más fácil y más rápido. Todas las personas que trabajan en el campo de los métodos, del estudio de tiempos y de salarios, deberían de familiarizarse con las ventajas, limitaciones, usos y aplicación de ésta técnica. En resumen, hay que recordar las consideraciones siguientes:

1. Explicar y vender el método de muestreo del trabajo, antes de aplicarlo.

2. Confinar los estudios individuales a grupos semejantes de máquinas o de operaciones.
3. Utilizar un tamaño de muestra tan grande como resulte práctico.
4. Tomar las observaciones individuales en tiempos al azar, para registrar observaciones en todas las horas del día.
5. Tomar las observaciones sobre un período de tiempo razonablemente largo (dos semanas o más).

PREGUNTAS SOBRE EL TEXTO

1. ¿En donde se aplicó por primera vez el muestreo de trabajo?
2. ¿Qué ventajas se dice que tiene el procedimiento de muestreo del trabajo?
3. ¿En qué área tiene aplicación el muestreo del trabajo?
4. ¿Cuántas observaciones deben registrarse para determinar las tolerancias por retrasos personales, en un taller de forja, si se espera que será suficiente un cinco por ciento de tolerancia personal y que este valor deberá permanecer entre cuatro y seis por ciento, el 95% del tiempo?
5. ¿Cómo será posible determinar la hora del día en que hay que hacer las diferentes observaciones para obtener resultados imparciales?
6. ¿Qué cosas hay que tomar en cuenta al hacer estudios de muestreo del trabajo?
7. Para obtener 5% de precisión en un trabajo que se cree toma 80% del tiempo de los trabajadores, ¿cuántas observaciones al azar se requieran para obtener un nivel de confianza del 95%?
8. Si la actividad promedio de manipulación, durante un estudio de diez días es de 82%, y el número de observaciones diarias es 48, ¿qué tolerancias se podrá asignar en el porcentaje de la actividad de cada día?
9. Si sucediera que se consideran necesarios 4 segundos para cada observación al azar y un tamaño de muestra de 2,000, ¿con qué frecuencia necesitará el analista operar la cámara para análisis al azar de actividades?

PREGUNTAS GENERALES

1. ¿Se podrá aplicar el estudio del muestreo del trabajo, para determinar la fatiga? Explique.
2. ¿Cómo podría venderse la validéz del muestreo del trabajo a un elemento que no se ha familiarizado con la probabilidad y los procedimientos de estadística?





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



INGENIERIA DE METODOS Y PLANEACION DE PLANTAS
INDUSTRIALES

Planeación de Plantas Industriales

Ing. José Manuel Roza Irezabal

I.- PLANEACION DE PLANTAS INDUSTRIALES.

- 1.- Introducción.
- 2.- Producto.
 - a).- Diseño: Ingeniería de Producto.
 - b).- Medios: Ingeniería de Producción.
 - c).- Adaptación: Ingeniería Industrial.
- 3.- Disposición de las plantas.
 - a).- Principios.
 - b).- Tipos de disposiciones.
 - c).- Indicadores de disposiciones inadecuadas.
 - * d).- Métodos y procedimientos.
 - * e).- Balanceo de líneas.
 - f).- Reemplazo de maquinaria y equipo
- 4.- Análisis Económico.
 - a).- Métodos.
 - b).- Costos.
 - c).- Inversiones adicionales.
 - d).- Amortización.
 - e).- Consideraciones generales.

II.- MANEJO DE MATERIALES.

- 1.- Introducción.
- 2.- Importancia de la función.
- 3.- Principios de aplicación.
- 4.- Equipos y métodos del manejo. (Gráfica)
- 5.- Costos y análisis económico.
- 6.- La Gerencia de Materiales.

I.- PLANEACION DE PLANTAS INDUSTRIALES

1.- Introducción.

La planeación industrial es un problema de ingeniería, que puede ser resuelto mediante la reunión sistemática de datos, el análisis lógico de los mismos y la aplicación de la imaginación y la iniciativa.

La medida de la eficiencia de la planeación de una fábrica radica en el costo del producto (fabricación). El costo, por lo tanto, es un factor que se ha de tener en cuenta en cada fase del proceso de planeación.

La planeación de fábricas es un campo altamente evolutivo. Los progresos en los sistemas de construcción, diseño de la maquinaria, equipos de manejo de materiales, sistemas de producción y materias primas, se están desarrollando tan rápidamente, que resulta difícil poder adaptarse a patrones establecidos. Habrá siempre que obtener el mayor número de datos convenientes a un cierto problema y circunstancias y estimular las ideas y la originalidad. El proyectista competente no se dejará influir por la tradición y los usos del pasado. Dependerá, eso sí, de su propio conocimiento de las experiencias anteriores, pero buscará encontrar nuevos métodos e ideas que harán su plan más eficiente que cualquier otro.

El riesgo de los negocios es hoy en día mucho mayor que hace algunos años y, por lo tanto, debe calcularse; la planeación ayuda a destacar los riesgos existentes y prepara el terreno para evitarlos.

Antes de hacer grandes inversiones deben reunirse cuantas informaciones se puedan obtener relativas al producto a fabricar, su venta probable, los precios previstos de venta y costo, métodos de fabricación, mano

de obra requerida y el tipo de organización más conveniente para su producción.

Una fábrica es un lugar donde los factores de la producción, trabajo y capital, se reúnen para la creación de un artículo. La fábrica está constituida por las construcciones, maquinaria, herramientas, materiales, dirección y servicios utilizados para la obtención del producto. El proyecto de una fábrica debe atender a todos los puntos citados, así como al bienestar moral y físico de los trabajadores. Todo ello es esencial para que el producto resulte a un costo tal que, además de satisfacer al consumidor por su calidad y precio, pueda rendirle al industrial una utilidad razonable.

La planeación de una fábrica varía considerablemente según sea el tipo de industria. Aunque los autores clasifican las industrias en diversos tipos, es mejor clasificar cada industria mediante el estudio de sus efectos sobre el problema de planeación. Así, se tendrán básicamente dos tipos: continuo¹ y discontinuo². En las industrias continuas se proyecta totalmente la fábrica a una determinada capacidad regulada por un "tren de producción" preseleccionado. Cualquier modificación posterior es un problema importante que lleva consigo fuertes inversiones. Por otra parte, en las industrias discontinuas, no se practica una planeación completa, puesto que éstas permiten llevar a cabo las reformas sin que se vean muy afectados los costos.

- (1) Industria continua: el proceso de producción no se detiene: altos hornos, fundiciones, refinerías, etc.
- (2) Industria discontinua: el proceso de producción puede interrumpirse: ensamble de autos, aparatos eléctricos, talleres mecánicos, etc.

Existen numerosas razones para decidirse por nuevos proyectos en industrias ya existentes, o bien, para proyectar plantas completamente nuevas:

- a).- Variaciones en el producto.
- b).- Nuevos productos.
- c).- Cambios en la concentración de los mercados.
- d).- Aumento de la demanda.
- e).- Obsolescencia del equipo o los procesos.
- f).- Reducciones de costo.
- g).- Eliminar la necesidad de grandes inversiones.

Hay en general, tres métodos fundamentales para formular programas de planeación industrial: a) periódico, b) continuo y c) accidental.

La planeación de una fábrica puede, a su vez, ser subdividida en dos clases de actividades. a) para plantas nuevas y b) para plantas existentes. Probablemente más de un 95% del trabajo de planeación de fábricas está incluido en la segunda clase, dado que toda planta experimenta cambios de distribución durante cierto período de años, ya sea para crecer, conservarse o contraerse.

El presente curso insiste, por tanto, primordialmente en la replaneación, es decir, en la adopción de nuevos planes para edificios ya existentes.

2.- El Producto.

a).- Diseño : Ingeniería de Producto.

El producto a ser manufacturado es primeramente concebido por el ingeniero de producto.

Las funciones de un departamento de Ingeniería de Producto pueden ser resumidas de la siguiente forma:

- Diseñar el producto para una determinada función.
- Diseñar el producto para satisfacer al consumidor.
- Diseñar el producto a un costo competitivo.
- Diseñar el producto de forma que pueda ser eficientemente manufacturado.

Así, el ingeniero de producto será el responsable de la apariencia, funcionamiento y costo del producto. El determina las especificaciones y tolerancias que definirán las características del producto.

Ingeniería de Producto debe transmitir información a Ingeniería de Producción de forma que el trabajo continúe. Esta información incluye:

- Dibujos de la pieza.
- Emisiones de números de parte, especificaciones de materiales, etc.
- Cambios.

b).- Medios: Ingeniería de Producción.

Ingeniería de Producción entra en escena directamente, después que Ingeniería de Producto ha diseñado en forma total el producto. Entonces, Ingeniería de Producción es el segundo paso dentro del procedimiento seguido antes de empezar a manufacturar. Recoje la información recibida y crea

el "plan de manufactura", o sea, determina exactamente como un producto será producido.

Las funciones de Ingeniería de Producción son las siguientes:

- Determinar los procesos básicos de manufactura a ser usados.
- Determinar la secuencia de operaciones.
- Determinar y requerir el equipo y herramental necesario.

c).- Adaptación: Ingeniería Industrial.

Ingeniería Industrial, con la información del producto y el tipo de proceso, diseñará el arreglo ("layout") del espacio para producción y, posteriormente, el arreglo de la planta como un todo.

21.9

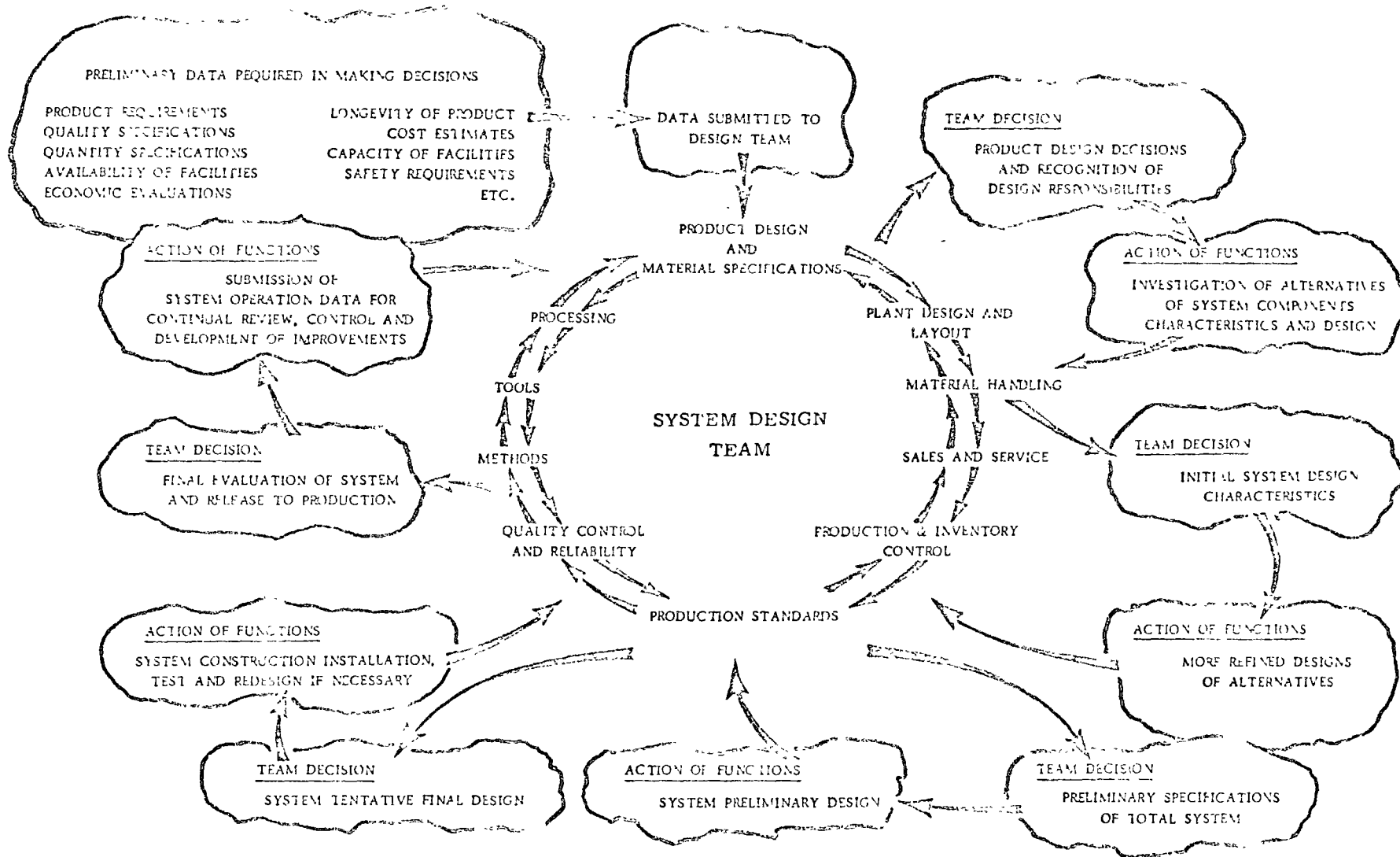


Figure 21-3. Basic Design Process

3.- Disposición de las plantas.

a).- Principios.

El mejor método de distribuir una planta es el que permite fabricar la cantidad y calidad estipulada de un producto en el plazo fijado y con el costo total más bajo, por un largo período de tiempo.

b).- Tipos de disposiciones.

- Distribución por proceso o función. (fabricación por lotes.

Debe adoptarse esta distribución cuando la naturaleza y volumen de los productos, una vez tomados en consideración todos los factores, hacen que sea más económico agrupar las máquinas de acuerdo con los procesos que realizan y tolerar mayores costos en el manejo de materiales y control de producción, aumento de existencias en proceso y otras consecuencias similares que puedan tener lugar.

- Distribución por producto (fabricación en línea).

Debe adoptarse esta distribución para todo producto cuya naturaleza y volumen hagan que resulte económico invertir el capital en máquinas especiales, herramientas, superficie de terreno, equipo de mantenimiento y formación de personal, con el fin de obtener economías en otros gastos de producción.

c).- Indicadores de disposiciones inadecuadas.

Las preguntas siguientes proporcionan una guía a los errores que se cometen en el planeamiento de fábricas y distribución de plantas.

A) Empleo y distribución del espacio.

1.- ¿Hay espacio suficiente para que el operario lleve a cabo

todas sus tareas junto a la máquina?

2.- ¿Hay espacio suficiente alrededor de la máquina para su fácil mantenimiento?

3.- ¿Está la máquina bloqueada por otras, de modo que no puede moverse sin mover antes estas últimas?

4.- ¿Hay espacio para las herramientas, equipo auxiliar, calibres, plantillas, mesas y similares, necesarios para el funcionamiento adecuado de la máquina?

5.- ¿Es la máquina accesible, de manera que el obrero pueda llegar a su puesto de trabajo y abandonarlo, sin peligro de lesionarse?

6.- ¿Está la máquina demasiado cerca del pasillo o de los transportadores peligrando la seguridad del operario?

b) Factores de colocación de máquinas

1.- ¿Está la máquina en la mejor disposición o ángulo para la alimentación y evacuación efectivas de materiales, o para el aprovechamiento efectivo del espacio?

2.- ¿Está la máquina en la mejor posición para recibir la luz natural y artificial?

3.- ¿Está la máquina en la mejor posición desde el punto de vista de seguridad, para prevenir accidentes debidos a fuego, explosiones, partículas proyectadas, carretillas y grúas en movimiento, transportadores elevados, etc.?

4.- ¿Está la máquina colocada en forma adecuada en relación con la secuencia de operaciones?

C) Servicios.

- 1.- ¿La colocación de la máquina es tal que puedan adaptársele los servicios especiales, vapor, fuerza, aire comprimido, gas y similares sin excesivas instalaciones complementarias?
- 2.- ¿Se han previsto aparatos protectores, cubiertas, defensas, pantallas, aisladores y similares, para proteger al operario y que protejan al personal y al equipo?
- 3.- ¿Se ha destinado demasiado espacio a los pasillos?
- 4.- ¿Tienen los pasillos gran número de curvas y obstrucciones?
- 5.- ¿Sirve cada pasillo el número máximo de máquinas?
- 6.- ¿Hay demasiados pasillos?
- 7.- ¿Están señalados claramente?
- 8.- ¿Son suficientemente amplios para el volumen de tránsito que se espera?

D) Areas de almacenamiento

- 1.- ¿Están las estanterías de herramientas y áreas de almacenamiento en situación conveniente?
- 2.- ¿Están las áreas de almacenamiento que han de frecuentar los empleados, a excesiva distancia de sus puestos de trabajo?
- 3.- ¿Proporcionan protección contra el robo o pérdida de los materiales de alto valor?
- 4.- ¿Se han previsto condiciones de almacenamiento especiales para pinturas, aceites, ácidos, botellas de gas, productos químicos sustancias inflamables o explosivas, y otros materiales especiales?
- 5.- ¿Complica la colocación de las áreas de almacenamiento la recepción y registro de los materiales entrantes?

6.- ¿Requiere la colocación de las áreas de almacenamiento, largos recorridos de grandes volúmenes de material?

7.- ¿Permite el empleo de sistemas de manejo mecánicos?

8.- ¿Se ha previsto la inspección de los materiales entrantes?

9.- ¿Se perderá excesivo tiempo en idas y venidas de los empleados al almacén?

E) Servicios para el personal

1.- ¿Se ha instalado un número suficiente de vestidores y lavabos?

2.- ¿Están los vestidores y lavabos a menos de 200 pies de los puestos de trabajo del personal?

3.- ¿Están las entradas del personal demasiado lejos de sus puestos de trabajo?

4.- ¿Se han previsto llaves de agua potable a cortos intervalos?

5.- ¿Están colocados los botiquines o dispensarios en la forma conveniente respecto a las zonas de trabajo?

d) Reemplazo de maquinaria y equipo

Se han desarrollado diversas formulas para el reemplazo de la maquinaria, pero ninguna de ellas es completamente satisfactoria. No parece posible deducir ninguna que sea a la vez correcta en teoría y lo bastante sencilla para su utilización satisfactoria. Existen algunos métodos que son aproximados y sencillos, y que no exigen el empleo de fórmulas. Ciertos métodos tabulares tienen la ventaja de hacer intervenir todos los factores necesarios y permitir así hacer un cálculo más seguro. El método que se expone a continuación, desarrollado partiendo de las fórmulas de reducción del costo para la manipulación de los materiales, implica hallar los costos totales, por lo general sobre una base anual, de fabricar la producción total deseada, utilizando cada una de las diversas máquinas que se comparan. No basta comparar simplemente los costos unitarios con cada máquina trabajando a plena capacidad, Sucede a menudo que es conveniente reemplazar alguna aunque la producción no sea suficiente para mantener ocupada todo el tiempo la propuesta. En esos casos, el estudio debe basarse en la produción efectiva que se espera y no en la capacidad potencial de la máquina propuesta.

Sea I = Inversión en la maquinaria existente o propuesta. Para esta última inversión debe ser el costo total sobre el terreno, lista a funcionar, y para la maquinaria existente debe ser el valor noto realizable, cualquiera que sea el valor que figure en los libros.

A = Porcentaje anual de rendimiento admitido sobre el capital invertido.

B = Porcentaje anual asignado a impuestos, seguros, etc.

C = Costo total anual (en dólares) de la conservación.

D = Porcentaje anual asignado para depreciación y caída en desuso.

E = Costo total anual (en dólares) de la fuerza motriz, los suministros, etc.

F = Costo total anual (en dólares) de la renta asignada al espacio ocupado por la máquina.

M = Costo total anual (en dólares) del material.

L = Costo total anual (en dólares) de la mano de obra directa.

T = Costo total anual (en dólares) de la mano de obra indirecta.

Y = Cargas fijas totales por año (en dólares) $Y = I (A + B + D)$.

R = Cargas totales anuales (en dólares) de todas clases que gravan la máquina para producir la cantidad que se espera. $R = Y + C + E + F + M + L + T$.

Ejemplo

La máquina propuesta le costará \$1,200 lista para trabajar y es probable que devuelva su inversión en tres años, en los cuales producirá un rendimiento del 15% sobre la inversión media. Las máquinas existentes costaron \$650 cada una y se compraron hace cinco años. La vida de las máquinas existentes se estimó en diez años, el valor de cada una en los libros es de \$ 325, pero el realizable de cada una asciende sólo a \$ 175. Las cargas fijas sobre las máquinas existentes se basarán en el valor realizable suponiendo que la vida restante es de tres años y cargando un interés del 15% sobre la inversión media durante ese período. La vida restante de la maquinaria existentes se fija en tres años, más bien que en los cinco que res-

tan del cálculo inicial, porque no parece razonable suponer a una máquina existente una duración mayor que el período durante el cual es probable que la propuesta devuelva lo que costó. Los seguros y los impuestos se calcularán a razón del 2% sobre la inversión media que fué realizada.

$$A = 1/2 \times 0,15 \times \frac{3 + 1}{3} = 0,10$$

$$B = 1/2 \times 0,02 \times \frac{3 + 1}{3} = 0,013$$

SOLUCION DEL EJEMPLO

maquinaria existente (2 máquinas)	Simbolo	Maquinaria propuesta (1 máquina)
\$ 350	I	\$1,200
0,10	A	0,10
0,013	B	0,013
0,333 (a 3 años)	D	0,333 (a 3 años)
0,446	A + B + D	0,446
350 x 0,446 = \$ 156	Y	1,200 x 0,446 = \$ 534
50	C	35
149	E	110
8	F	4
.....	M	.....
2,480	L	1,240
<u>2,480</u>	T	<u>1,240</u>
\$ 2,843	R	\$ 1,923

4.- Análisis económico

a) Métodos.- Supongamos que son posibles dos procesos para la fabricación de una pieza dada, y que el problema consiste en determinar cual de ellos resulta preferible. El primer proceso supone la compra de una máquina no excesivamente cara y que durará solamente unos pocos años, pero que determinará un considerable gasto anual de funcionamiento y mano de obra. La segunda máquina presenta un costo de adquisición mucho más elevado; sin embargo se sabe que durará mucho más, y que los gastos de funcionamiento y de mano de obra serán con ella mucho menores.

Los factores monetarios sólo pueden compararse haciendo algunos cálculos para reducir las dos series de pagos a una base comparable. En principio, pueden sugerirse dos métodos para comparar dichas series: el método del valor actual y el del costo anual medio equivalente, pero pueden emplearse también otros procedimientos.

- Costo medio anual equivalente

El método del "costo anual equivalente" se basa en la idea fundamental de que el propósito de una inversión en máquinas, edificios y similares, es obtener cierta capacidad durante algunos años, y que la pérdida de valor del activo inmovilizado debida al uso y a la antigüedad (corrientemente llamada "depreciación"), más la carga del interés del capital desembolsado, se reparta uniformemente entre el número de años durante los cuales este activo podrá aprovecharse. Estas cantidades, es decir, la disminución de valor y los intereses, forman parte del costo del producto acabado, tanto como

las operaciones y los materiales, y deben cargarse anualmente sobre el costo de la producción. De hecho, todas las empresas cargan la amortización de cada año en el balance; sin embargo, no cargan el interés del capital. Esta es una diferencia fundamental, y no siempre comprendida, entre el análisis económico y la contabilidad de costos.

Para un análisis económico, es esencial considerar el interés como un gasto, porque no se puede, naturalmente, convencer al capitalista para hacer una inversión, si no ve la posibilidad de recobrar el capital y cobrar un dividendo atractivo que compense el riesgo que acepta. Sería ilógico que la Dirección proyectara la inversión de fondos de la compañía en una nueva distribución, nuevas máquinas, etc., sin que los beneficios futuros cubrieran no sólo la inversión, sino que proporcionaran un beneficio interesante. Si se ha previsto un tanto por ciento determinado, y si esta tasa de interés se considera como un gasto en todas las posibles soluciones, es muy fácil calcular el costo anual medio equivalente para cubrir la amortización del capital y su interés.

Ejemplo:

Para realizar determinado trabajo, se puede comprar la máquina A. Se supone que tendrá una vida útil de 15 años, por ser de tipo universal y que requerirá mano de obra semiespecializada. Su costo de compra e instalación es de 5,000 dólares; el valor residual que tendrá al cabo de 15 años se estima en 500 dólares. El costo anual de la mano de obra será de 3,500 dólares.

La máquina B, es de tipo especial que realiza concretamente las operaciones requeridas, pero resulta menos adaptable; se puede comprar por 12,000 dólares. La incertidumbre del futuro obliga a prever, prudentemente, una vida útil de cinco años. Su valor residual al cabo de este tiempo se estima en 2,000 dólares. El costo anual se estima en 2,000 dólares.

Las dos máquinas necesitarán aproximadamente la misma superficie de terreno, energía, luz, calor, vigilancia y entretenimiento. El costo del material en este caso no se verá afectado por la elección de las máquinas. En consecuencia, los únicos gastos de ambas máquinas que diferirán entre sí serán los de depreciación, impuestos y seguros. Los productos de las dos máquinas se venderán al mismo precio; luego no habrá diferencia entre ellos en cuanto a ingresos. Se supone que los impuestos y seguros representan el 2% anual sobre la inversión inicial; y que la tasa de interés es del 8% anual.

La comparación entre las dos máquinas, basada en las diferencias aludidas es la siguiente:

MAQUINA A. Costo medio anual equivalente.

Amortización del capital e intereses = $(5,000 - 500) \times 0.11683 = 526'00$

Interés del valor residual = $500 \times 0.08 = 40'00$

Costo anual de la mano de obra 3,500'00

Impuestos y seguros anuales = $5,000 \times 0.02 = 100'00$

Costo anual equivalente \$ 4,166'00

MAQUINA B. Costo medio anual equivalente:

Amortización del capital e intereses=

$$=(12,000-2,000) \times 0'25046 = 2,504'00$$

Interés del valor residual=2,000x0'08= 160'00

Costo de la mano de obra 2,000'00

Impuestos y seguros anuales=12,000x0'02= 240'00

Costo anual equivalente \$ 4,904'00

Para comparar estas máquinas, se han empleado los coeficientes 0'11683 y 0'25046, para calcular los valores de la amortización del capital y de los intereses. Se hallan en las tablas de interese en la obra "Principles of Engineering Economy", de Grant y se conocen bajo la denominación de "factores de recuperación del capital".

- Valor actual

El método de comparar planes posibles según el valor actual, se funda en esta pregunta: ¿Qué puedo pagar ahora para no tener que pagar cierta cantidad o una serie de cantidades en el futuro? La pregunta se puede variar para aplicarla más directamente al problema: ¿Qué cantidad se tendrá que depositar en un fondo a interés compuesto i, para que se puedan retirar del mismo las cantidades que cubran los gastos relativos a cierto número de años, y quede extinguido dicho fondo el final de este período de tiempo? El método del valor actual reduce todos los pagos futuros a una suma equivalente en el momento actual, y la alternativa que da el

valor actual más bajo es la más económica.

El período de tiempo al cual debe referirse el valor actual, debe ser exactamente divisible por las duraciones (vida de las máquinas) correspondientes a las diversas alternativas. Así, en el ejemplo de las máquinas "A" y "B", citadas anteriormente, el mínimo común múltiplo de los años de vida de ambas máquinas es de 15. Suponiendo que se compraran tres máquinas "B" - una ahora, una segunda cinco años después, y una tercera diez años después de la primera - a fin de poder comparar el valor actual de 15 años de servicio, el cálculo sería como sigue:

MAQUINA "A". Valor actual de 15 años de servicio:

Compra de la máquina "A"	5,000'00
Valor actual de la mano de obra: $\$3,500 \times 8'559 =$	29,900'00
Valor actual de impuestos y seguros	
$\$ 5,000 \times 0'02 \times 8'559$	<u>856'00</u>
Total	\$ 35,756'00
-Menos el valor actual correspondiente al	
valor residual: $\$500 \times 0'3152 =$	<u>157'00</u>
Valor actual :	\$ 35,599'00

MAQUINA "B". Valor actual de 15 años de servicio:

Compra de la máquina "B"	12,000'00
Compra de otra máquina "B" cinco años después	
$(\$12,000 - 2,000) \times 0'6806 =$	6,806'00
Compra de otra máquina "B" diez años después	
$(\$12,000 - 2,000) \times 0'4632 =$	4,632'00
Valor actual de la mano de obra durante 15 años	
$\$2,000 \times 8'559 =$	17,100'00

Valor actual de los impuestos y seguros

$\$12,000 \times 0.02 \times 8.559 =$ 2,055'00

Valor actual de todos los gastos \$ 42,583'00

-Menos el valor actual correspondiente al va-

lor residual de la última máquina "B" (15 años

después): $\$2,000 \times 0.3153 =$ 630'00

-Valor actual de 15 años de servicio de la má-

quina "B" \$ 41,953'00

Los coeficientes empleados son: el del "valor actual para anualidades fijas" y el del "valor actual para imposición única" sacados del libro "Principles of Engineering Economy" de Grant.

b) Costos

La finalidad real del análisis económico de ingeniería es ayudar a tomar decisiones correctas cuando un trabajo determinado se pueda hacer de varias maneras. En el planteamiento de fábricas es necesario tomar muchas decisiones, todas las cuales tendrán prácticamente bastante influencia sobre los costos totales de fabricación de una empresa. Indicaremos algunos problemas típicos que se presentan a quien planea una fábrica:

- 1.- Elección del terreno de la planta.
- 2.- Determinación del tipo de edificios y número de pisos de cada uno.
- 3.- Selección de la maquinaria y equipos de producción
- 4.- Selección de los sistemas y equipo de manejo de materiales.
- 5.- Disposición de los departamentos de producción dentro de los edificios.

- 6.- Elección del método de división en departamentos.
- 7.- Ubicación y disposición de los servicios del personal.
- 8.- Provisión de los servicios de la fábrica (vapor, calefacción, aire, energía, gas etc.).
- 9.- Determinación de los lotes económicos de producción.

Cada uno de estos problemas presenta dos o más soluciones posibles. Sólo en el caso de que se elija la que proporciona el servicio o función requerida con el menor costo total, se conseguirá reducir éste al mínimo y elevar al máximo los beneficios potenciales.

En algunos casos la elección de la solución que implique menor costo para un determinado problema, impedirá automáticamente la elección de la solución de costo mínimo en otro problema. Por ejemplo, la elección de un edificio de varios pisos puede impedir la elección de un sistema de manejo de materiales, que, de otra manera, hubiera podido rendir el mismo servicio con menor costo. Por el contrario, la elección del sistema de mínimo costo de manejo de materiales puede requerir la construcción de un edificio de una sola planta, de costo algo más elevado. Es obvio que el técnico de planeamiento debe considerar las combinaciones de las distintas soluciones propuestas para los diferentes problemas, de forma que los costos totales de producción sean reducidos al mínimo, que es el objeto de todo planeamiento de una fábrica.

c) Inversiones adicionales

Cuando el problema radica en una inversión que se pueda aumentar, en cantidad casi ilimitada, con inversiones adicionales o incrementos que aumenten el beneficio total, ¿Hasta que punto conviene invertir capital en bienes de equipo, servicios, etc.? Problemas típicos de esta clase son los relativos a:

- 1.- El número económico de pisos en edificios para oficinas y fabricación.
- 2.- El número de unidades a instalar, cuando al aumentar éste se reduzca la cantidad de desperdicios, se acorte el tiempo de proceso, etc.
- 3.- El grado de especialización en las máquinas, procesos, manejo de materiales y similares.

Cada incremento en la inversión dará uno de estos resultados, o ambos: a) aumentar los ingresos, ó 2) reducir los gastos de fabricación. La solución radica en determinar el porcentaje de ganancia o rédito (del beneficio obtenido) en cada aumento de la inversión. Siempre que este tanto por ciento iguale o supere el mínimo fijado, será económico realizar la inversión.

El porcentaje de ganancia o rédito se determina buscando el tipo de interés que dará lugar a un factor de amortización del capital igual a los ahorros anuales obtenidos (tanto por aumento de beneficios como por disminución de gastos) divididos por el aumento de la inversión.

d) Amortización.

Muchas empresas industriales han establecido un criterio a seguir en lo referente a las inversiones en bienes de equipo según el cual todo gasto propuesto ha de tener la perspectiva de amortizarse por sí solo y obtener un porcentaje de beneficio en un período determinado de años. El método de cálculo del tiempo necesario para que una inversión pueda autoamortizarse es parecido al del cálculo del rédito de una inversión suplementaria.

II.- MANEJO DE MATERIALES

1.- Introducción.

En el sentido más amplio el manejo de materiales puede definirse como la preparación, ubicación y posicionado de los materiales para facilitar sus movimientos o almacenaje. Se trata de transportar materiales de un punto a otro, sin retrocesos, con un mínimo de transferencias y entregándolos a los puestos de trabajo indicados en una manera tal que evite congestión, demora o manejo innecesarios.

Las técnicas de manejo de materiales tienen como objetivos los siguientes:

- a) Reducir costos.
- b) Reducir desperdicios.
- c) Aumentar la capacidad productiva.
- d) Mejorar las condiciones de trabajo.
- e) Mejorar la distribución.

2.- Importancia de la función.

El manejo de materiales no agrega valor al producto, sino que significa un costo agregado al mismo. Existe evidencia en la literatura técnica de que el manejo de materiales llega a ser, globalmente considerado, del 30 al 35% del costo de producción total. Se ha estimado también, que sólo el 20% del tiempo en que los materiales están en una planta son procesados, siendo el 80% restante utilizado para movimiento o almacenaje.

3.- Principios de aplicación.

A medida que un tema se complica se hace más necesario disponer de principios rectores en la práctica diaria. Los principios de manejo de materiales representan el conocimiento acumulado a lo largo de años por quienes han practicado estas actividades y han colaborado en una u otra medida al desarrollo actual de la técnica. Se ha tratado siempre de ensayar o descubrir varias relaciones que se han encontrado correctas, ventajosas y económicas. Los siguientes principios representan entonces la experiencia en el manejo de materiales de ingenieros de todos los campos y de todas las actividades industriales y comerciales.

a) Planeamiento. Planear todas las actividades de manejo y almacenaje de materiales a fin de obtener la máxima eficiencia operativa global.

b) Sistemas. Integrar tantas actividades de manejo como fuera posible en un sistema coordinado de operaciones que cubra proveedores, recepción, almacenaje, producción, inspección, embalaje, depósitos, expedición, transporte y usuarios.

c) Recorrido de los materiales. Prover una secuencia de operaciones y una disposición de equipos que optimicen el recorrido de los materiales.

d) Simplificación de tareas. Simplificar el manejo mediante la reducción, eliminación o combinación de movimientos y/o equipos necesarios.

e) Gravedad. Utilizar la fuerza de la gravedad para mover materiales siempre que fuera práctico.

f) Utilización de espacios. Aprovechar en forma óptima el espacio cúbico.

g) Tamaño unitario. Aumentar la cantidad, tamaño o peso de las cargas unitarias o ritmo de afluencia de materiales.

h) Mecanización. Mecanizar operaciones de manejo siempre que se encuentre económicamente justificado.

i) Automación. Proveer automación de las actividades que incluyan funciones de producción, manejo y almacenaje siempre que fuera posible.

j) Normalización. Normalizar métodos de manejo así como también tamaños y tipos de equipos empleados.

k) Adaptabilidad. Utilizar métodos y equipos que puedan realizar de la mejor forma una variedad de tareas y aplicaciones donde no se justifiquen equipos especiales.

l) Pesos propios. Reducir la proporción de peso propio de equipo movil de manejo a carga transportada.

m) Utilización. Planear para obtener la máxima utilización de equipos de manejo y mano de obra.

n) Mantenimiento. Planear el mantenimiento preventivo y reparaciones programadas de todos los equipos de manejo.

o) Obsolescencia. Reemplazar los métodos y equipos de manejo obsoletos cuando equipos y métodos más eficiente pudieran mejorar las operaciones.

p) Control. Utilizar actividades de manejo de materiales para mejorar el control de la producción e inventarios.

q) Capacidad. Utilizar los equipos de manejo para ayudar a obtener la capacidad de producción deseada.

r) Seguridad. Proveen métodos y equipos adecuados para un manejo seguro.

4.- Equipos y métodos de manejo:

a) Transportadores continuos

Son éstos todos los equipos fijos o móviles para transportar materiales entre dos puntos fijos con un movimiento continuo o intermitente de accionamiento continuo.

b) Grúas y ascensores

Son todos los equipos para mover material que tienen un movimiento lateral o vertical reversible;

c) Equipos de control, posicionado y peso

Se utilizan para posicionado local y para transferir, pesar y controlar movimientos de materiales.

d) Vehículos industriales

Montacargas, patines, carretillas, etc.

e) Cajas de transportes y equipos auxiliares

Todos los tipos de envases sean ya de presión, estancos, abiertos o cerrados; también están incluidos en esta categoría los apoyos como plataformas y todos los tipos de equipos de embalaje auxiliares como máquinas de encintar, de engrapar, etc.

APENDICE II

LA GERENCIA DE MATERIALES (*)

Controlar existencias y movimientos de materiales con miras a su eficiencia integral ha sido usualmente de particular interés en los países altamente industrializados y adquirió jerarquía científica con la introducción de la investigación operativa y el procesamiento electrónico de la información. Con relación a esas actividades, una interesante innovación en la organización formal de las empresas se ha registrado en los últimos años. Se trata de la gerencia de materiales, una nueva función básica cuyo objetivo primario es incrementar la rentabilidad de los capitales invertidos en materias primas, artículos en proceso y productos terminados.

Tradicionalmente la administración de materiales es confiada en forma fragmentaria a distintas áreas de la empresa que, funcional y separadamente, adquieren materiales, los controlan en cantidad y calidad, organizan sus movimientos y almacenajes, especifican calidad y fechas de entrega, etc. La gerencia de materiales, en cambio, centraliza las sub-funciones y personas que planean, programan, compran y controlan los materiales, movimientos y depósitos, desde la provisión de materia prima hasta los productos terminados y su distribución física, bajo la autoridad y responsabilidad de un ejecutivo que actúa al mismo nivel que los gerentes de manufactura, ingeniería, personal, ventas, etc. En el más amplio sentido, la gerencia de materiales combina los principios de dirección científica con las técnicas de ingeniería industrial, y provee la autoridad para hacer a las personas involucradas en materiales, completamente responsables de sus costos.

EL PROBLEMA

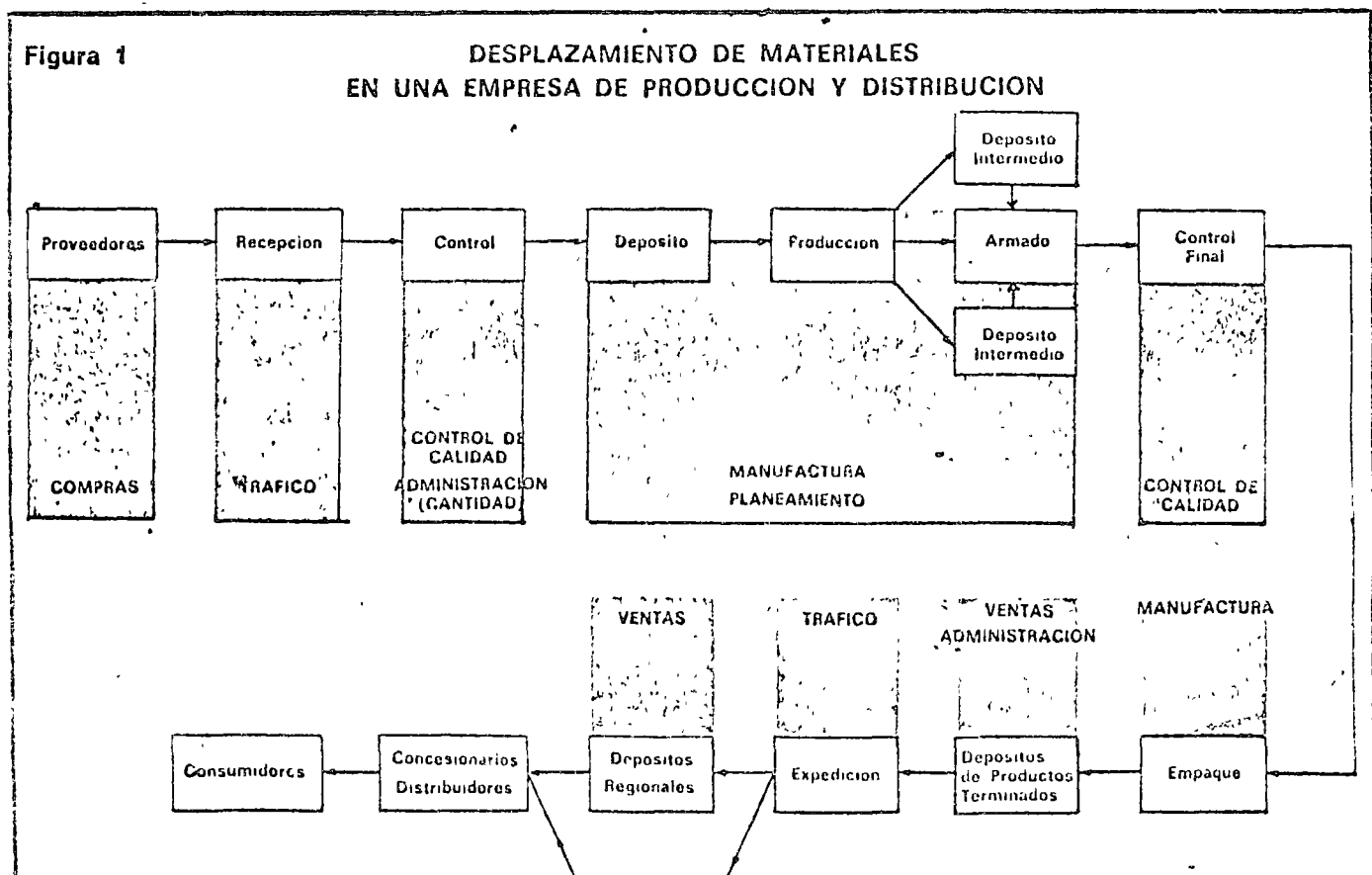
Si se considera el desplazamiento de los materiales y las responsabilidades pertinentes en una empresa integrada de producción y distribución, se tendría la situación que muestra esquemáticamente la figura 1.

(*) COMPETENCIA, N° 9, 4 de agosto de 1967.

Se observa que la responsabilidad sobre los materiales y sus costos asociados está dividida en varios departamentos sin la suficiente coordinación sobre la rentabilidad global. Físicamente los materiales, en distintos estados de elaboración o ubicación geográfica, pasan cronológicamente por los siguientes sectores de la organización, considerando un caso típico:

- Recepción de materia prima y componentes, con sus correspondientes controles de cantidad y calidad.
- Depósito de materia prima y partes.
- Sucesivas etapas de manufactura y sus depósitos intermedios.
- Depósitos comerciales.
- Expedición.
- Depósitos regionales.

Hay asimismo numerosos departamentos involucrados en el desplazamiento de los materiales. Por ejemplo, la recepción y control implican la intervención de responsables administrativos para comprobar cantidades y niveles de inventarios y constatar las órdenes de compra a fin de aprobar el pago, mientras que la verificación cualitativa compete al departamento de control de calidad como parte de sus funciones específicas, antes de rechazar o aceptar los materiales que ingresarían a los depósitos.



Así siguiendo se podría demostrar que la supervisión de todo lo concerniente a materiales está demasiado dividido y delegado. Y como muestra la experiencia, este tipo de delegación lleva frecuentemente a una rígida separación estanca de departamentos, lo cual provoca celos, fricciones y falta de imaginación o interés para resolver problemas comunes, al tratar cada grupo de encarar su tarea sin una visión global que tenga en cuenta las interrelaciones y sus proyecciones económica-financieras.

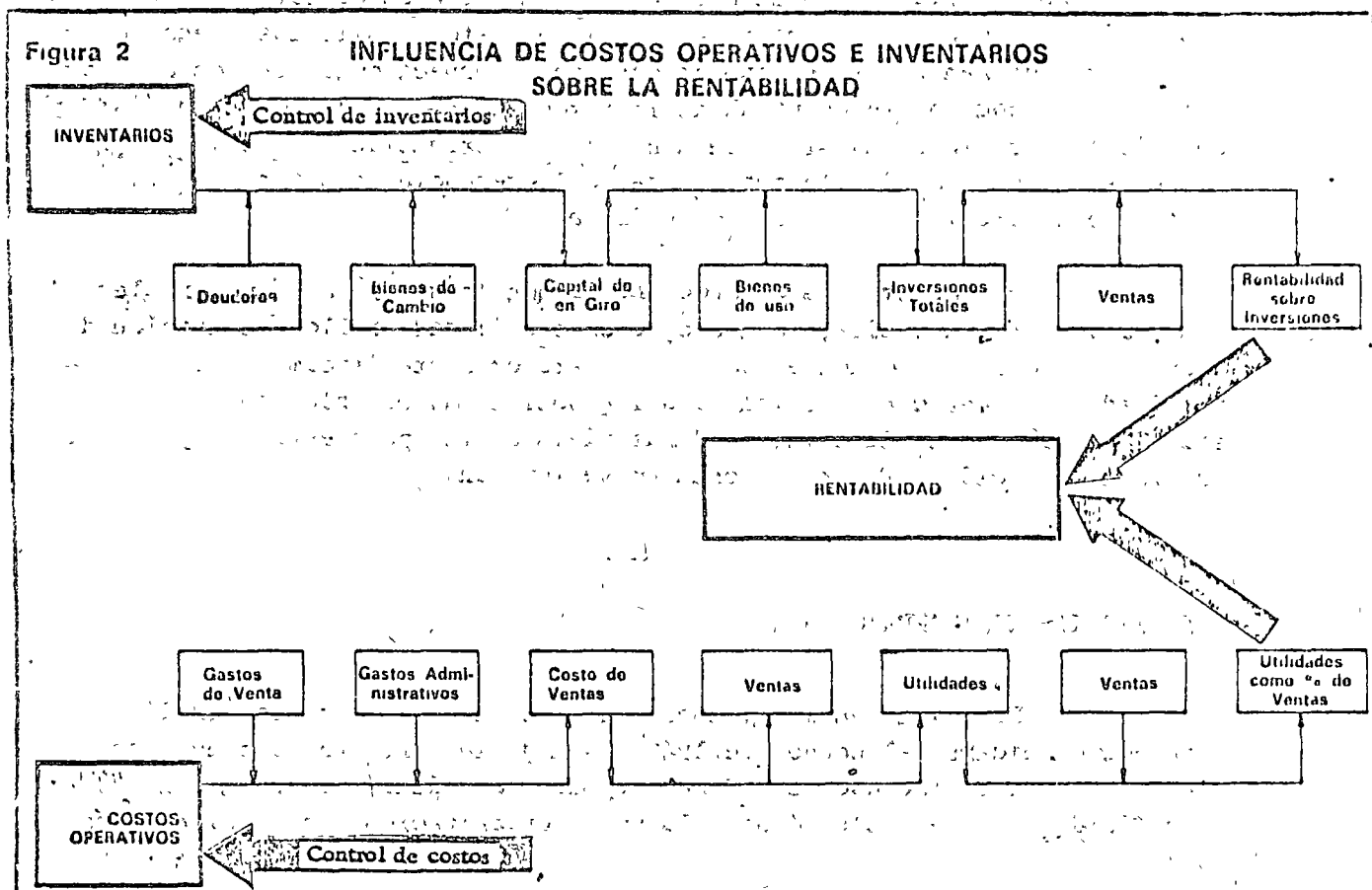
En general, el problema que la gerencia de materiales tiende a resolver puede formularse operacionalmente, al expresar que: dada la diversidad de funciones, sub-funciones y departamentos de la empresa que pueden tomar decisiones que afecten el movimiento de materiales en todos sus aspectos, es necesario concentrar la responsabilidad y autoridad, de suerte que bajo la dirección de un gerente único se puedan planear, ejecutar y controlar las operaciones en su totalidad, a fin de optimizar las inversiones que de ellas resultaren, independientemente de los intereses particulares de áreas específicas.

ASPECTOS ECONOMICOS

En el curso de esta década ha tenido lugar un cambio gradual en la estructura de los costos industriales, principalmente en virtud de una acelerada y difundida mecanización, en especial para fabricaciones en grandes series. El costo de la mano de obra ha disminuido como porcentaje del total, a pesar de los incrementos unitarios registrados. Los materiales, no obstante, y sus costos asociados que incluyen movimientos, almacenajes, edificios y equipos, han llegado a ser uno de los rubros de mayor significación, debido, entre otras cosas, a que la responsabilidad sobre ellos es asignada en tramos parciales, a menudo superpuestos, a distintas áreas del sistema industrial. Dado el peso decisivo que sobre el costo de productos terminados, y por lo tanto de inventarios, tienen los materiales, se considera actualmente el capital inmovilizado en ellos como una inversión que debe decidirse previo análisis mediante las técnicas más elaboradas que sean de aplicación, es decir, científicamente comprobada y evaluada.

La figura 2, muestra sintéticamente el proceso y la influencia de los inventarios y costos operativos sobre la rentabilidad. El control de inventarios consiste en mantener los lotes óptimos que resulten de calcular los costos de obtener y mantener las existencias, estableciendo los límites económicos para órdenes de compra, transporte, producción y depósitos. Los costos operativos se controlan y optimizan a través de estudios de análisis del valor (Value Analysis), negociaciones contractuales e investigaciones de compras por una parte, y la racionalización de las

actividades de recepción, depósitos, expedición, embalaje y distribución por otra.



TECNICAS UTILIZADAS

Aparte de su organización formal, considerada como original en la estructura empresaria, el concepto general de la gerencia de materiales no implica ninguna novedad ya que su dinámica participa de la aplicación de técnicas conocidas, elaboradas e introducidas gradualmente y convalidadas por la práctica de la buena ingeniería y la experiencia industrial.

Dado que el planeamiento, provisión, almacenaje y movimiento de materiales abarca virtualmente todas las fases de la producción, muchas son las técnicas de eficiencia y organización aplicables en la administración integral de materiales. Como ejemplos representativos, pueden citarse las siguientes: para optimizar inventarios y lotes de producción la fórmula de Camp, las reglas 20-80 y ABC, los sistemas B-Q, B-S y sus derivados y la aplicación práctica del principio de la retroalimentación (feedback). Los costos de movimientos y almacenaje se reducen a través de estudios de tiempos y métodos, muestreos, programación lineal, etc., aplicados a equipos y a sistemas que han experimentado un desarrollo espectacular en los últimos veinte años, como parte esencial de la automación. En cuanto al análisis y comunicaciones, la estadística técnica, la investigación operativa y los sistemas de computación electrónica dan a la gerencia de materiales un carácter de jerarquía y precisión científica.

Por último, es de hacer notar que la "gerencia de materiales" como nueva función básica, de hecho, promueve el desarrollo y selección de técnicas y su introducción a campos no tratados sistemáticamente con anterioridad. La American Material Handling Society ha establecido una división técnica denominada Integrated Materials System para estudiar y organizar la información referente a esta nueva función.

EXPERIENCIAS NORTEAMERICANAS

El origen de la gerencia de materiales como nueva función básica puede ubicarse alrededor de 1940. Una de las primeras empresas en concretar la idea fue Goodyear Tire & Rubber Co. siendo presidente P. W. Litchfield, quien estableció para la nueva organización las siguientes notas*:

- Asumir plena responsabilidad para todas las inversiones en materiales a fin de satisfacer el sector de ventas sin ser dominado por él.
- Coordinar con Producción sin llegar a lotes excesivamente grandes que provocarían inventarios económicamente inaceptables.
- Implementar las directivas financieras con respecto a los niveles de inventarios.

* Material Handling Engineering, November 1963, pág. 64.

- Preparar pronósticos a corto plazo para control de la producción e inventarios.
- Considerar todos los factores estacionales y de obsolescencia referentes a los productos de la empresa.

Actualmente, en opinión de M.N. Thomas, Gerente General de Materiales, la nueva función ha adquirido plena madurez y se la considera como el área que puede aportar los mayores beneficios a ventas, disminuyendo al mismo tiempo los costos de distribución. En Goodyear es responsable de programación y pronósticos a corto plazo, sin que ello implique superposición con la función de investigación de mercado. La gerencia de materiales constituye el apoyo logístico, así como ventas conecta los mercados y elabora métodos de promoción, investigación y desarrollo, perfecciona y crea productos, y finanzas controla las inversiones.

Uno de los más completos programas de administración integral de materiales es la de Data System Division de IBM*, fuertemente orientada hacia las mediciones en cuatro áreas principales:

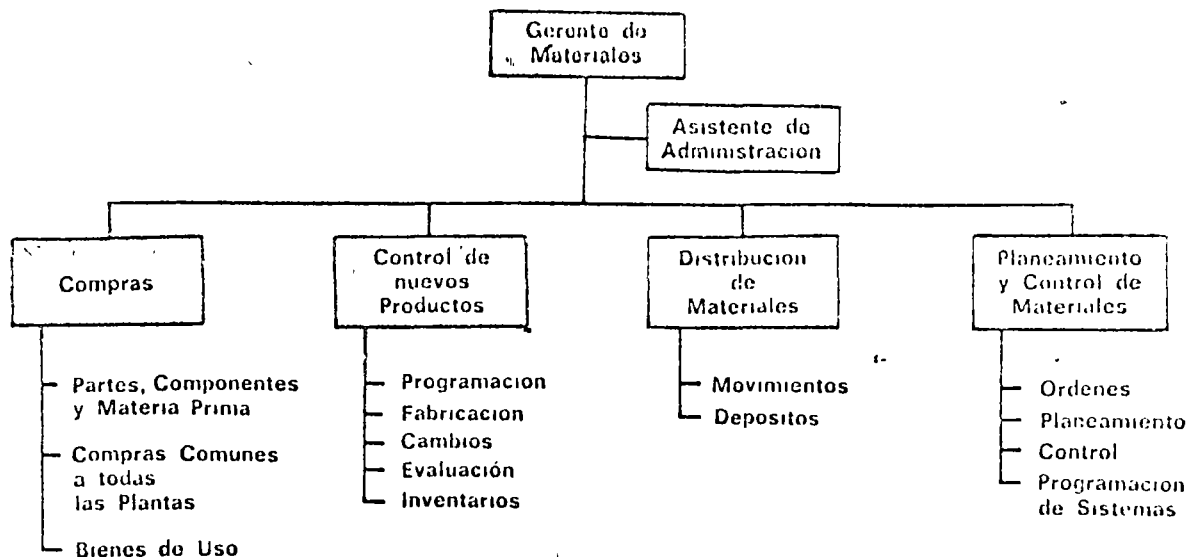
- a. Capacidad para satisfacer la demanda que abarca materiales en proceso, índices de rotación y comparaciones entre existencias presupuestadas y reales.
- b. Eficiencia en los costos de compras mediante el uso de índices para los materiales más importantes y a fin de evaluar desviaciones. Se incluyen todos los materiales de altos precios y una muestra estadística de los de menor incidencia.
- c. Administración de inventarios en producción, ventas y provisiones internas.
- d. Gastos operativos por análisis y comparaciones.

El organograma de IBM, figura 3, muestra la gerencia de materiales en su más completa expresión. Se observa que incluye compras, programación y control de nuevos productos. Distribución de materiales cubre los movimientos y almacenajes desde la recepción hasta la expedición y distribución geográfica. Normalmente, todos los materiales recibidos son asignados dentro de las 24 horas. Como indicación de la eficiencia adquirida con esta nueva función básica IBM ha publicado, entre otros, los siguientes datos**:

* Modern Materials Handling, October 1961, pág. 87.
** Modern Materials Handling, October 1961.

Figura 3

LA GERENCIA DE MATERIALES EN LA DATA SYSTEM DE IBM



Rotación: Aumento de 55 % en productos de Data System, de 1959 a 1961.

Demoras en despacho de máquinas: Ninguna desde abril 1, 1961.

Eficiencia en costo de compras:

Meta para 1960: 93,9 % (en base a precios de 1959)

Real para 1960: 88,5 %

Meta para junio, 1961: 95,8 % (en base a precios de 1960).

Real para junio, 1961: 92,6 %.

Ordenes de compras procesadas por día/hombre: aumento de 16 %.

Aprovisionamiento:

Promedio de órdenes de compras cumplidas, 1959 a junio 1960: 50 %.

Promedio de órdenes de compras cumplidas, septiembre 1960 a octubre 1961: 100 %.

Otras empresas norteamericanas como Champion Papers, Allis-Chalmers y Radio Corporation of America han publicado también los resultados de implementar en sus respectivas estructuras la gerencia de materiales y con ligeras variantes muestran cifras de los siguientes órdenes:

- Reducción de inventarios: 40 %
- Productividad por hombre:
aumento de 28 %
- Rotación de inversiones:
aumento de 55 %

La Chevrolet-Fisher Body en su planta de Lordstown*, Ohio asigna la responsabilidad de materiales al departamento de Control de Producción y Materiales, que cubre las siguientes actividades: programación de la producción, control de inventarios, movimientos de materiales y almacenes de producción, herramientas y mantenimiento. Las compras están centralizadas a nivel de dirección.

CRITERIOS EUROPEOS

Algunas empresas europeas tienden a asimilar rápidamente la idea de la gerencia de materiales, aún cuando no todas aceptan totalmente sus consecuencias estructurales. Principalmente, se ha tratado de desarrollar y centralizar funcionalmente los aspectos tecnológicos relativos al movimiento y almacenaje de materiales, más que a promover una integración económica-financiera del control de materiales.

* Material Handling Engineering, January 1967, pág. 51

En el caso de la Ford Motor Co. de Dagenham, Inglaterra*, el concepto se ha materializado como un procedimiento, antes que en la creación de una nueva función básica. El sistema detalla las fases del movimiento de materiales e instituye un conjunto de formularios que comunican obligatoriamente a los departamentos involucrados a fin de proveer de la información necesaria al departamento denominada Ingeniería de Movimientos de Materiales, lo cual se traduce luego en el procesamiento electrónico de datos sin intervención directa de los sectores interesados, que brinda, en definitiva, las herramientas necesarias para un adecuado control de materiales.

La organización establece una división de tareas entre ingeniería y operaciones. Los movimientos e inventarios son verificados por el Departamento de Control de Producción, mientras que Ingeniería de Movimiento de Materiales es responsable de la selección de equipos, fijos o autónomos, especificaciones de mantenimiento, métodos y planeamiento de operaciones, y también de los inventarios de "containers" utilizados en transportes entre distintas plantas de la empresa. También presta su colaboración técnica en la distribución de espacios de producción y depósitos.

Otras empresas**, como el grupo Unilever, Imperial Metal Industries Ltd., y Metal Box Ltd., también inglesas, concentran sus esfuerzos principalmente en las técnicas vinculadas a la eficiencia operativa.

El criterio general en Europa parte de la definición de objetivos, un tanto diversa de la norteamericana: se considera como meta de la gerencia de materiales la reducción de costos en la recepción, almacenaje y manipuleo de materiales durante el proceso y expedición, con la información correspondiente. Se excluyen en casi todos los casos las actividades de compras y programación***.

* Storage, Handling, Distribution, August, 1963, pág. 26.

** Mechanical Handling, March 1963, pág. 134.

*** Storage, Handling, Distribution, July 1963, pág. 38.

INICIACION DE UN PROGRAMA

Dado que una reestructuración con vistas a la administración integral de materiales exige una redistribución de personas y funciones, no puede iniciarse fácilmente desde niveles inferiores de la organización. En las empresas que lo han experimentado en los últimos años los cambios contaron con el apoyo firme de la dirección general y fueron gradualmente afectando a los niveles gerenciales. Un punto clave del nuevo esquema es la selección del ejecutivo tope que ha de dirigirlo. Si bien en algunos casos, distintos sectores han pretendido una mayor preparación para tales cargos*, con sentido de la propia promoción, importantes experiencias han demostrado, más allá de toda duda, que no existe indicación de que alguna especialidad definida habilite más que otras. Hay en la actualidad gerentes de materiales que se desempeñaban anteriormente en compras, tráfico, ingeniería, dirección general, administración, etc.

No obstante, dado el nivel en que ha de actuar y las actividades que comprende, es evidente que la persona indicada debe ser ante todo un administrador capaz, con relevantes condiciones de organización, mando y coordinación, y que, preferentemente, posea experiencia o haya recibido instrucción formal e información en los siguientes campos:

Movimiento de materiales

- Programación y control de la producción
- Compras y control de materiales
- Control de calidad
- Análisis de costos
- Conocimientos básicos de las técnicas de ingeniería industrial y el procesamiento electrónico de datos.

POSIBILIDADES EN MEXICO.

Si bien cada caso en particular indicara en que medida las empresas puedan asimilar las experiencias extranjeras, debe afirmarse que, en general, una estructuración tal como la tratada acá puede brindar a las industrias nacionales considerables ventajas. Es de hacer notar, sin embargo, que el solo hecho de dibujar un organograma no basta, y que en la

* Modern Materials Handling, November 1959, pág. 61.

mayoría de las situaciones locales los beneficios económico-financieros han de ser consecuencia de la aplicación inteligente de las técnicas discutidas. Se observa comúnmente, sobre todo en fábricas medianas y chicas como el estudio de movimientos y depósitos, que en todos los casos insusceptibles de cantidades apreciables de horas-hombre ha sido totalmente descuidado. La causa más frecuente: falta de análisis por desconocimiento de las técnicas -comparativamente simples- y la idea infundada de que toda racionalización exige inversiones no factibles.

En empresas grandes, que cuenten ya en la práctica diaria, con personal experimentado en las técnicas de eficiencia y organización, el cambio de estructura hacia la gerencia de materiales, en particular su enfoque económico-financiero, debe repetir las experiencias americanas y europeas con probabilidades de obtener interesantes beneficios.

XYZ COMPANY WORK MEASUREMENT SURVEY - DEPARTMENT 7 - AREA 2

(1) Product and Number	(2) Hours/Unit	(3) Unit of Meas.	(4) Annual Output	(5) Annual Hours	(6) % - Total Hours	(7) Hrs. to Measure	(8) Coverage Ratio	
Bolt - 9318	.167	Bolt	45,000	7,515	22.5%	20	376	93.0
Bolt - 9319	.200	Bolt	32,500	6,500	19.5	24	271	97.5
Nut - 9337	.021	Nut	45,000	945	2.8	25	386	1.5
Nut - 9400	.032	Nut	32,500	1,040	3.1	38	277	2.5
Bracket - 94A	1.580	Bracket	1,000	1,580	4.8	190	88	189.5
Bracket - 95A	1.050	Bracket	10,000	10,500	31.5	126	83	824.7
Brace - 94Y	.370	Brace	1,000	370	1.1	44	88	10.1
Brace - 95Y	.390	Brace	10,000	3,900	11.7	47	83	114.3
Kit - 94	.120	Kit	1,000	120	.4	14	90	1.2
Kit - 95	.085	Kit	10,000	850	2.6	10	85	5.5
Totals				<u>33,320</u>	<u>100.0%</u>	<u>538</u>	<u>62 (Avg.)</u>	
High Return (Ratio = 20 or Higher)				31,250	93.8%	290	108	
Low Return (Ratio = 11 to 20)				N/A	N/A	N/A	N/A	
Unprofitable (Ratio = Under 11)				2,070	6.2%	248	8	

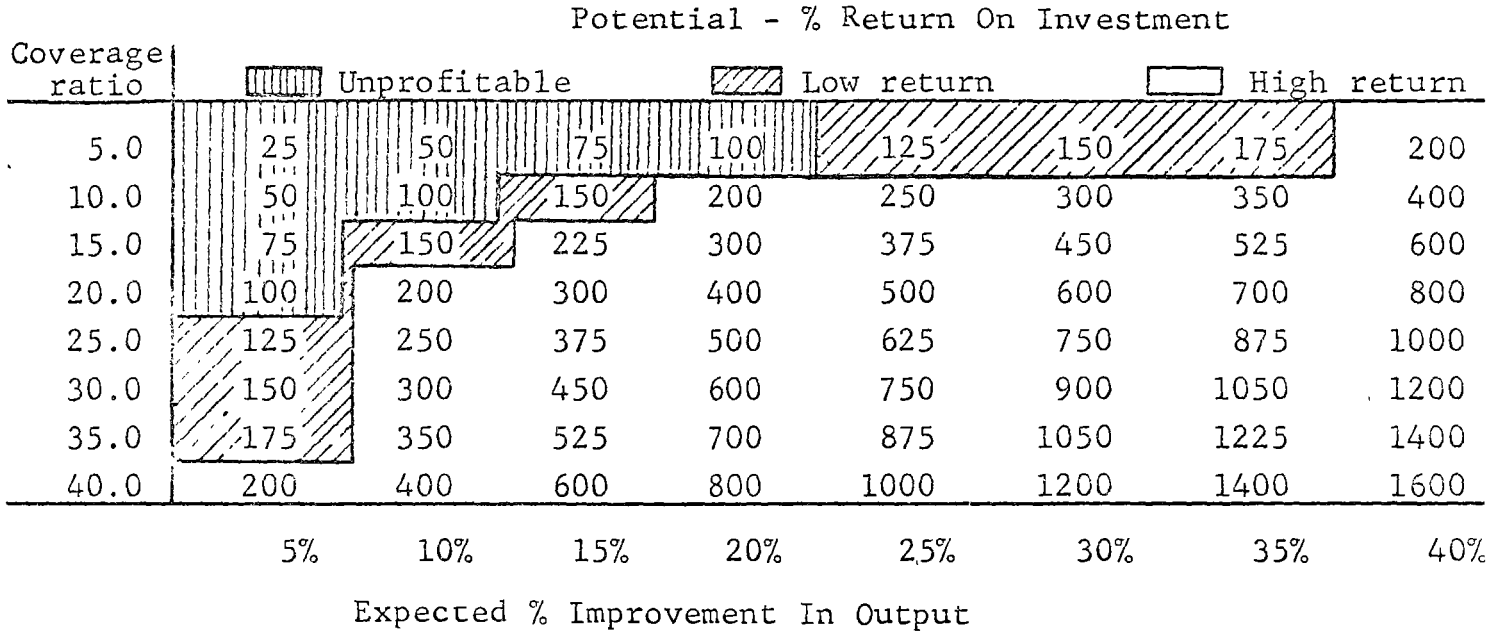
Indirect Groups:

Handlers 3
 Maintenance 2
 Sweepers 1
 Set-Up 0 (Performed by Operators
 or Maintenance)
 Total I.L. 6

Floor Area:

100 x 100 = 10,000 Square Feet

RETURN ON INVESTMENT CHART



DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE INGENIERIA DE METODOS Y PLANEACION DE PLANTAS INDUSTRIALES (DEL 4 AL 30 DE JUNIO DE 1975.)

NOMBRE Y DIRECCION

EMPRESA Y DIRECCION

1. SR. PEDRO ALEJOS OLIVARES

Uxmal 78 Int. 14
Col. Narvarte
México 12, D. F.
Tel: 5-38-29-22

CROUSE-HINDS-DOMEX, S. A. de C. V.
J. Rojo Gómez No. 277
Col. Ermita Ixtapalapa
México, D. F.
Tel: 5-82-33-00

2. ING. VICTOR ALVAREZ PALACIOS

Cacama No. 9
Col. Sta. Isabel Tola
México 14, D. F.
Tel: 5-77-21-38

ELECTRONICA DIGITAL MEXICANA, S.A.
de C. V.
Gral. Prim. 21
México 1, D. F.
Tel: 5-10-40-02

3. ING. ALFREDO ARROYO ALVAREZ

Zaragoza 133-13
Col. Guerrero
México 3, D. F.
Tel: 5-46-37-90

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS
Viena 20-601
Col. Juárez
México, D. F.
Tel: 5-35-66-80

4. ING. FERNANDO BALCAZAR MERAZ

Miguel Schultz No. 7-301
Col. San Rafael
México 4, D. F.
Tel: 5-66-54-90

CIA. MEXICANA TRI-SURE, S. A.
Pirámide No. 3
Zona Industrial
México, D. F.

5. SR. GILBERTO G. BOBADILLA LAGO

Puno No. 675
Col. Lindavista
México 14, D. F.
Tel: 5-86-88-56

BUJIAS MEXICANAS, S. A.

San Pedro Xalpa
México, D. F.

6. SR. MANUEL BRINDIS MOLINA

Cefeo 55
Col. Prado Churubusco
México 13, D. F.
Tel: 5-82-54-54

PRODUCTOS ELECTROMAGNETICOS, S. A.

Lago Cuitzeo No. 15
Col. Anáhuac
México 17, D. F.
Tel: 5-31-77-00

7. ING. FRANCISCO CANALES FAJER

Calle Albarlos No. 14
Fracc. Las Arboledas
Edo. de México

22

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE INGENIERIA DE METODOS Y PLANEACION DE PLANTAS INDUSTRIALES (DEL 4 AL 30 DE JUNIO DE 1975)

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
8. ING. MARIO A. CRAVIOTO Campeche No. 12 Col. Roma México 7, D.F. Tel: 5-74-10-43	SISTEMAS DE TRANSPORTE COLECTIVO (METRO) Delicias No. 67 México 1, D. F. Tel: 5-21-86-20 Ext. 554
9. SR. MARIO F. DE LA PEÑA Z. Matanzas 691 Col. Lindavista Mexico 14, D. F. Tel: 5-86-07-90	GALFORM CIA. IMPRESORA Dr. Navarro No. 34 Col. Doctores Mexico 7, D. F. Tel: 5-78-89-11
10. ING. MARCELO DE LA RIVA F. Pisagua No. 1122 Col. Lindavista México 14, D. F. Tel: 5-86-13-39	COMPAÑIA INDUSTRIAL DE MEXICALI, S.A. Patriotismo No. 54 Col. Nápoles Mexico 18, D. F. Tel: 5-15-95-22
11. SR. FRANCISCO J. DE LAS HERAS Cerro del Chiquihuite 172 Col. Campestre Churubusco México 21, D. F. Tel: 5-49-34-55	NUEVAS TECNICAS EDUCATIVAS, S.A. Amores 1431 Col. del Valle Mexico 12, D. F. Tel: 5-75-15-88
12. ING. JOSE F. DUPRE ZIMENTAL Michelet No. 66 Col. Anzures México 5, D. F. Tel: 5-45-85-56	SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO Dr. Carmona y Valle 101-4o. Piso Col. Doctores México 7, D. F. Tel: 5-88-58-42
13. ING. BENJAMIN FISZMAN STEIN Chilpancingo 5-101 Col. Condesa México 11, D. F. Tel: 5-84-54-98	INDUSTRIAS METALICAS Y MECANICAS, S.A. Calle 2 No. 270 México 9, D. F. Tel: 5-58-06-00
14. ING. CARLOS GARCIA LÍMON Lomas Verdes No. 46 Lomas Verdes Edo. de México Tel: 5-72-02-3 6	COMPAÑIA MEXICANA TRI-SURE, S.A. Pirámide No. 3 Zona Industrial México, D. F.

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE INGENIERIA DE METODOS Y PLANEACION DE PLANTAS INDUSTRIALES (DEL 4 AL 30 DE JUNIO DE 1975)

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
15. ING. JOSE C.H. GARCIA ROBLES Plan de San Luis No. 372 Nueva Sta. María México 16, D. F.	PEDRO DOMECK MEX, S. A. de C.V. Km. 17 1/2 Carretera Libre a Puebla Los Reyes La Paz, Edo. de Mexico México, D. F. Tel: 5-85-17-22
16. SR. ARTURO GOMEZTAGLE JUAREZ Av. Irrigación No. 126-B Col. Irrigación México 10, D. F. Tel: 5-57-13-15	COLGATE PALMOLIVE S. A. Presa de la Angostura No. 225 Col. Irrigación México 10, D. F. Tel: 5-57-00-22 Ext 367
17. ING. JUAN GONZALEZ CHAVEZ Privada de Lago No. 26 Col. Américas Unidas México 13, D. F. Tel: 5-32-14-27	ATEC, S. A. CONSULTORES Av. Chapultepec No. 264 Col. Roma México 7, D. F. Tel: 5-11-63-18
18. ING. JOSE HERRERA GONZALEZ Av. Vereda No. 2 Lomas de Bellavista Satélite Edo. de México Tel: 5-72-27-02	AVON COSMETICOS, S. A. Av. Universidad No. 1778 México 20, D. F. Tel: 5-48-68-20
19. ING. ANTONIO ALBERTO LOPEZ S. Playa Regatas 388 Col. Reforma Ixtlacihuatl México 13, D. F. Tel: 5-79-98-98	BANCO NACIONAL DE CREDITO EJIDAL Av. México Coyoacán México, D. F. Tel: 5-34-40-40
20. ING. JOSE L. A. MARTINEZ BERNAL Moras 617 Col. del Valle México 12, D. F. Tel: 5-24-98-17	SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO Dr. Carmona y Valle 101 Col. Doctores México 7, D. F. Tel: 5-88-58-42
21. LIC. ALFREDO MORLAN SOLANO Av. Popocatepetl 289-101 Col. General Anaya México, D. F.	COLORTEX, S. A. Piramides No. 55 Naucalpañ Edo. de México Tel: 5-76-05-55

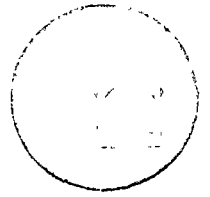
11 1,

110-111
110-112
110-113





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

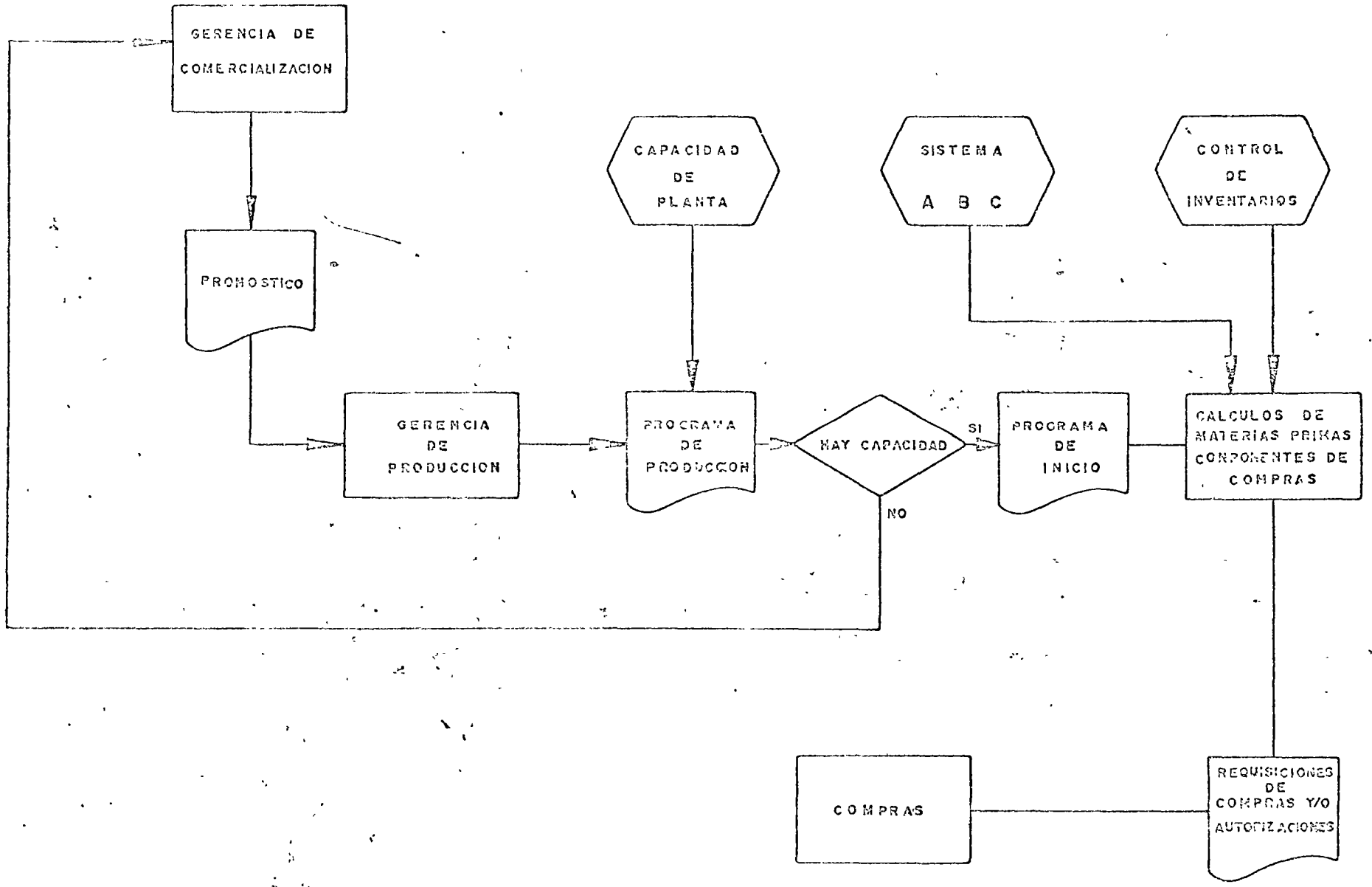


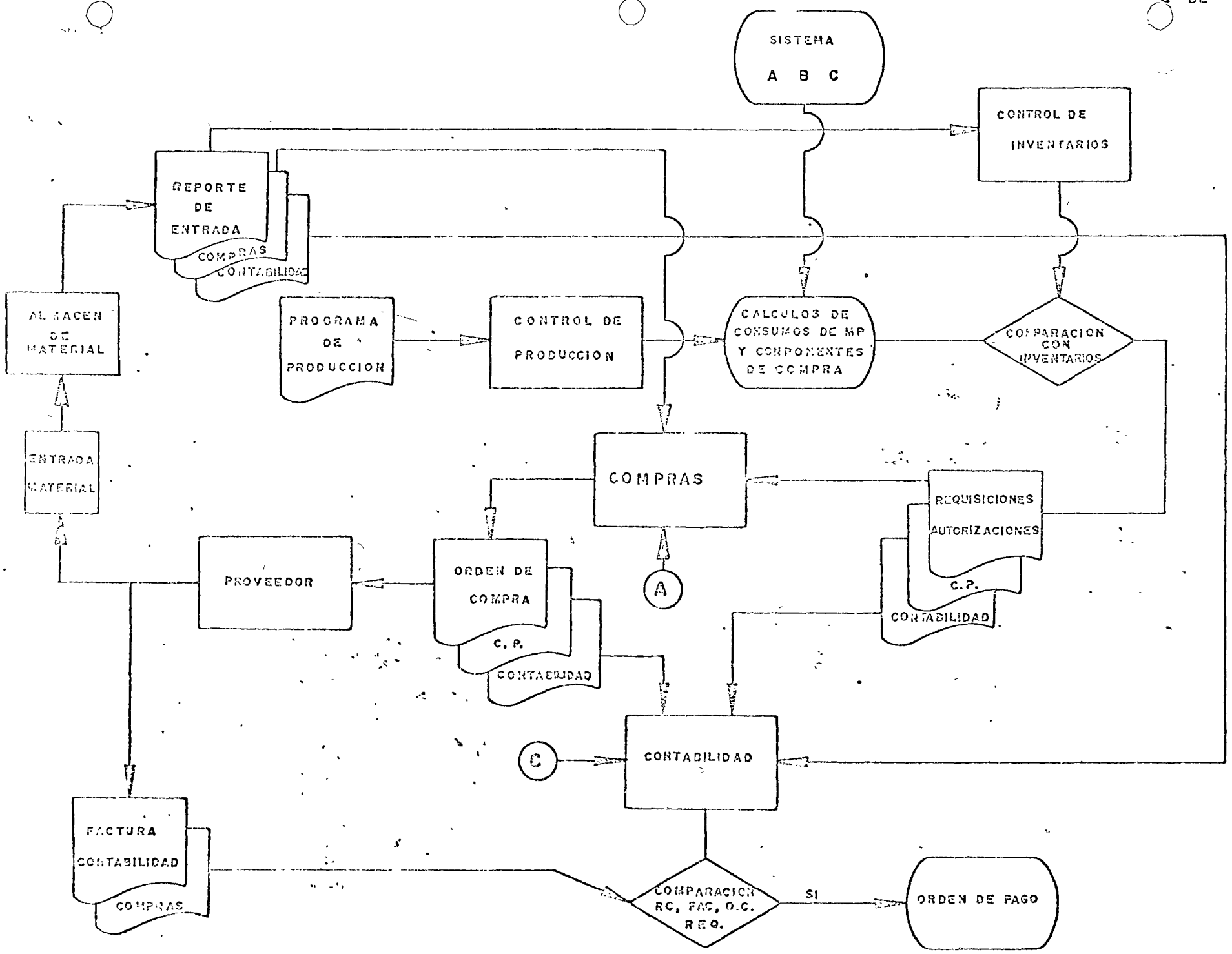
INGENIERIA DE METODOS Y PLANEACION DE PLANTAS INDUSTRIALES

CONTROL Y PROGRAMACION DE LA PRODUCCION

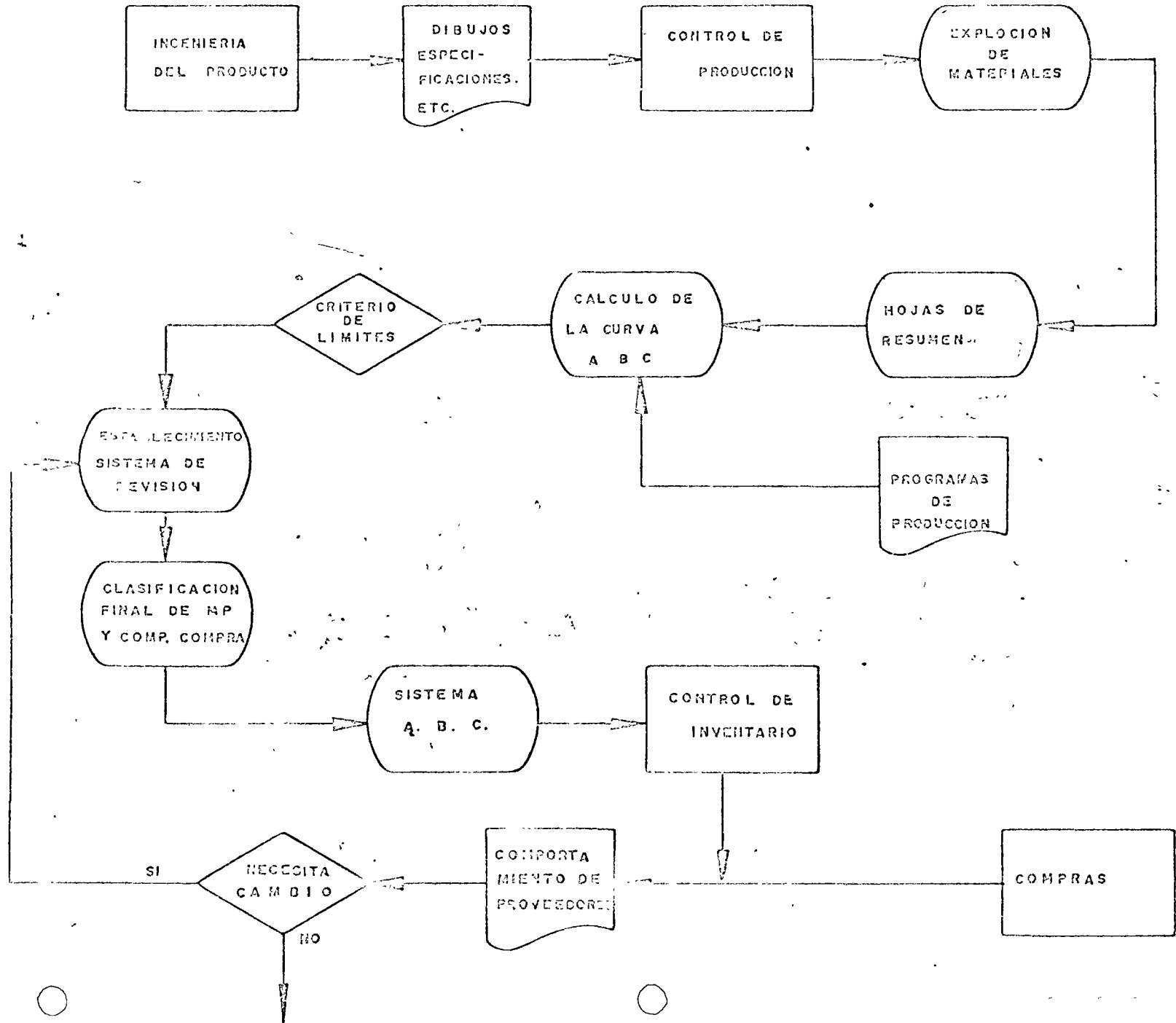
ING. RICARDO VIDAL VALLES

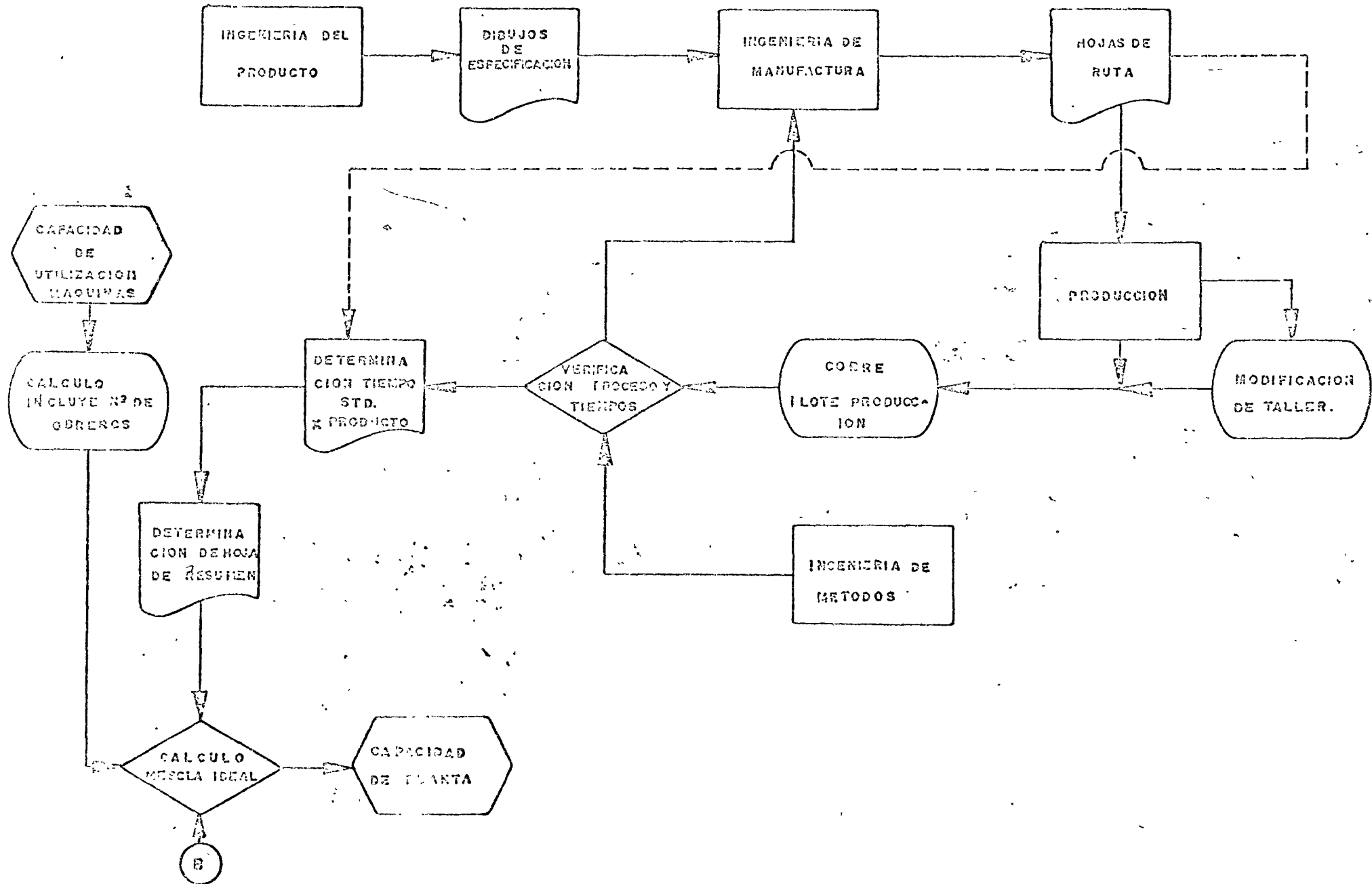
SECUENCIA DE PLANACION

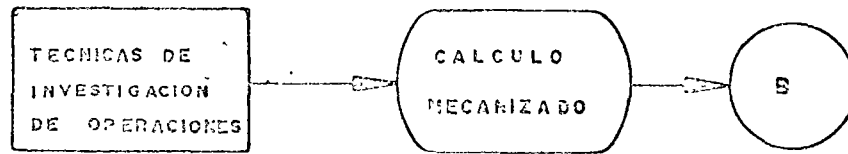


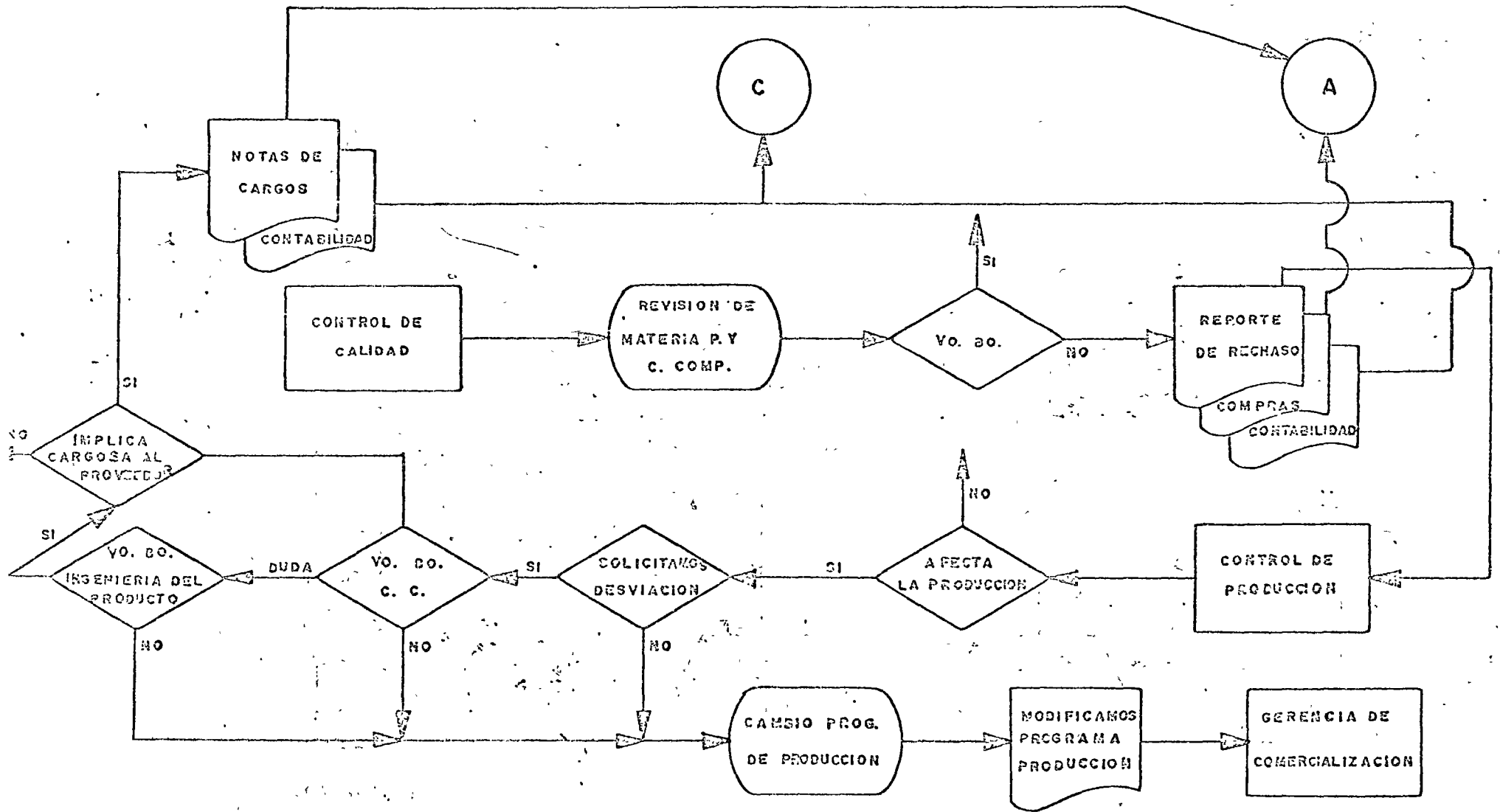


SISTEMA A B C



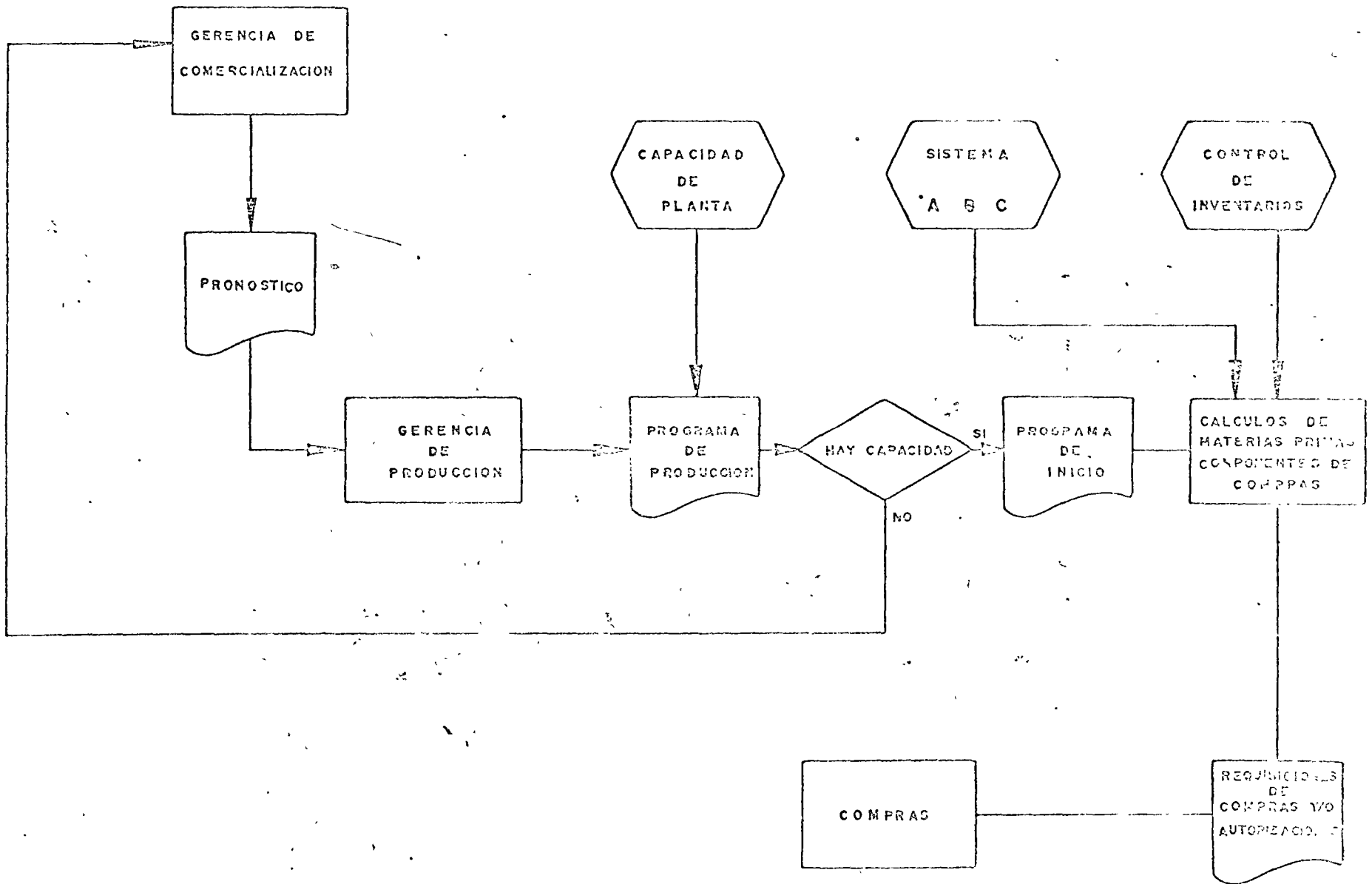


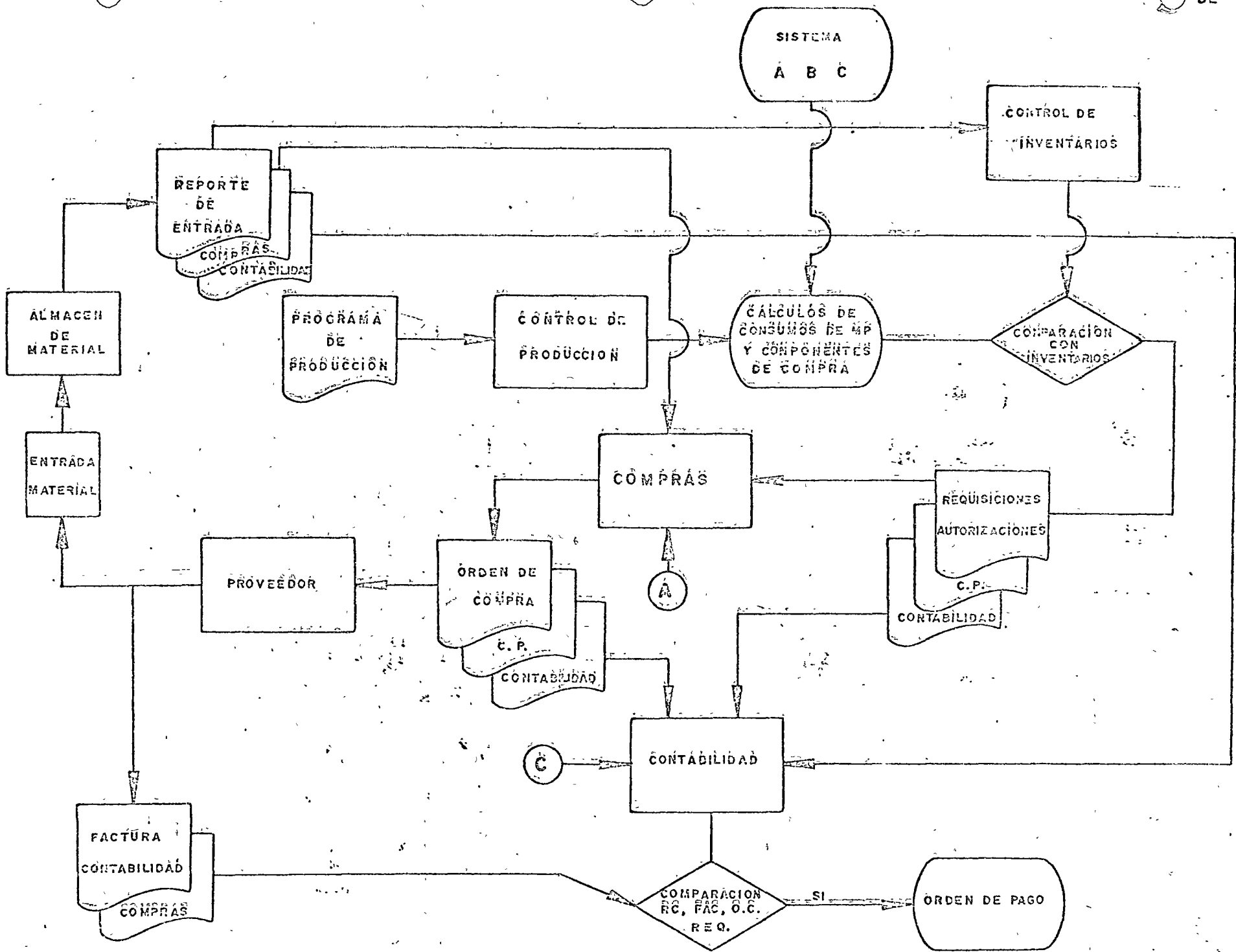




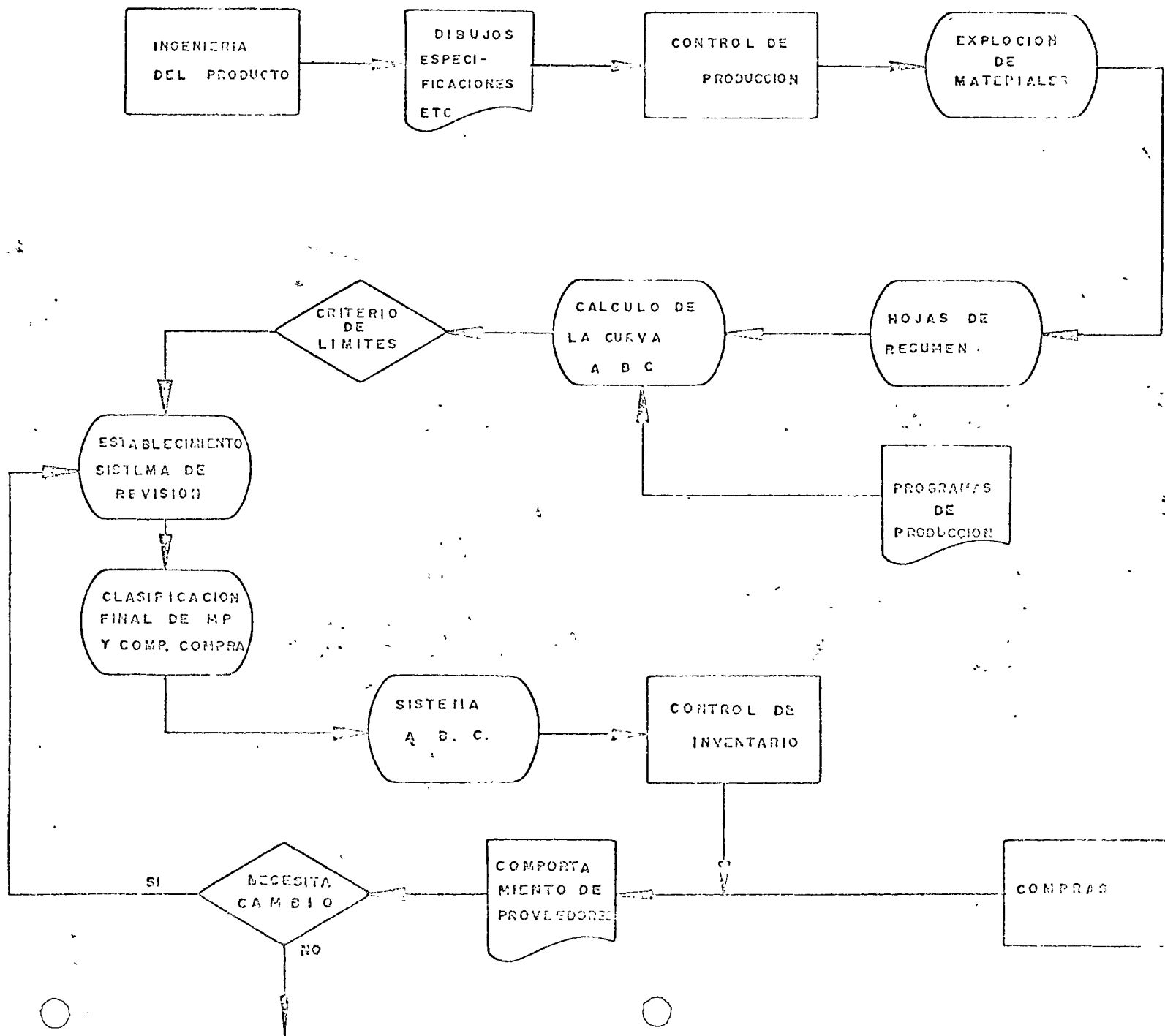
SISTEMA DE RECHAZOS

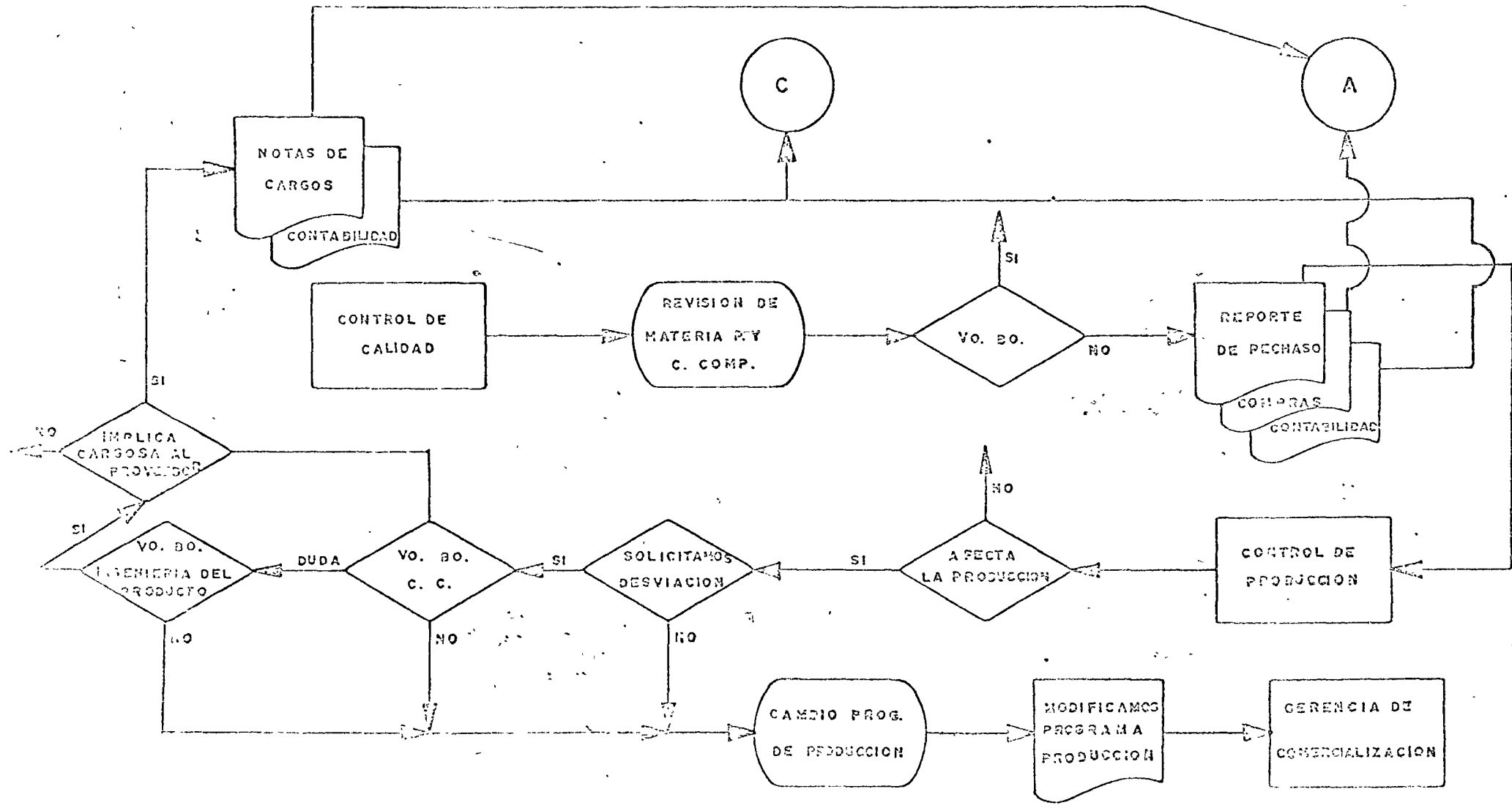
SECUENCIA DE PLANACION





SISTEMA A B C





SISTEMA DE RECHAZOS

AGERO SOLAR, S. A.

CONTROL DE EQUIPO

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO _____

No. de Identificación _____ Depto. _____

Fabricado por _____ Año _____

Fecha Instalado _____

Motores Eléctricos No. _____ No. _____

Interruptores _____

No. _____ No. _____

Airancadores _____

Elementos _____

Instrumentos _____

Controles _____

Baleros No. _____ No. _____ No. _____

No. _____ No. _____ No. _____

Bandas No. _____ Polea _____

No. _____ Polea _____

Presión de OP. _____ Temp. OP. _____

Dibujos de Referencia _____

Notas _____

MANTENIMIENTO

Intervalo de Inspección _____

Parte de la Máquina	Lubricante	Frecuencia

Sustituciones o Modificaciones	Vo. Bo.	Fecha

Fecha	Reparación	Rep/Por	Costo

Relaciones Necesarias _____

ACERO SOLAR, S. A.
HOJA DE CONTROL DE GRUAS

Grúa No. _____

Edificio _____

Depto. _____

Revisada por: _____

Supervisada por: _____

Fecha _____

PARTES A REVISAR:

- Gancho principal
- Gancho auxiliar
- Cable gancho principal
- Cable gancho auxiliar
- Nivel de aceite reductor CP
- Nivel de aceite reductor CA
- Estado de los coples
- Contactos motor principal ganchos
- Contactos motor auxiliar ganchos
- Engrase o nivel de aceite reductor
- Traslación del carro
- Engrase o nivel de aceite reductor
- Transmisión del carro
- Motores del carro
- Motores del puente
- Panel de mando
- Alarma
- Inspección visual del carro
- Estudio de los troles del carro
- Estudio de los troles del puente
- Estado carbones de translación del carro.
- Estado carbones de translación Pto.
- Lubricación adicional
- Limpieza

OK.	Mal Estado	Reponer	Observaciones

OBSERVACIONES GENERALES:

HOJA DE INSPECCION

MOLINOS

MOLINO No. _____ REVISADO POR _____ FECHA _____
 SUPERVISADO POR _____ REGISTRADO POR _____

PARTES A REVISAR	BUEN ESTADO	REGULAR	REEMPLAZAR	NOTAS
Rujes				
Valeros				
Cadenas				
Mangueras				
Tuberías				
Reductor				
Coples				
Sistema Hidráulico				
Motor				
Arrancador				
Sistema Neumático				
Lubricación				

OBSERVACIONES GENERALES _____

MANTENIMIENTO DE HORNOS

DEPARTAMENTO _____

HORNO No. _____

INST. TIPC _____

PUNTOS A CHECAR	ESTADO	OBSERVACIONES
1.- Puertas Refractario Estructura Sistema de Accionamiento		
2.- Cámara de Combustión Refractario Boquillas		
3.- Quemadores Válvula Macho Ind. Esprcas Agujas Boquillas Conexiones Válvula Macho Gen. Válvula de Control Ventilador Motor Bandas		
4.- Refractario Paredes Bóveda Carro Chimenea		
5.- Presiones Gas Aire		
6.- Termopar Tubo Protector Cabeza Alambre de Extensión		
○ = Bueno = Malo ○ = Cambiado Urgente Iron.		

HOJA DE INSPECCION
HORNOS DE ALTA FRECUENCIA.

HORNO No. _____ DEPTO. _____ FECHA _____

REVISADO POR _____ SUPERVISADO POR _____

REGISTRADO POR _____

Partes a revisar	BUEN ESTADO DC.	REGULAR	REPARAR	NOTAS
Contactores de AF				
Medidores de Flujo				
Tablero de Control				
Tablero de Fuerza				
Máquinas de Agua				
Cables Eléctricos				
Fusos				
Capacitores				
Bobinas				
Lubricación				
Mantenedores				
Aceite Arrancadores				

OBSERVACIONES GENERALES _____

HOJA DE INSPECCION
COMPRESORA

Compresora No. _____ Localización _____ Fecha _____
 Revisado por _____ Supervisada por _____
 Registrado por _____

PARTES A REVISAR	BUEN ES TADO	REGULAR	REPARAR	NOTAS
Bomba lubricación forzada				
Cartier				
Ventilación				
Sistema de gobernanación				
Postenfriador				
Filtros				
Bandas				
Válvulas de Seguridad				
Válvulas de Baja				
Válvulas de Alta				
Tuberías lubricación				
Limpieza general				
Controles eléctricos				
Aceite dieléctrico				
Registro de Horas				

OBSERVACIONES GENERALES _____

HOJA DE INSPECCION
BOMBAS

BOMB. N.º. _____ LOCALIZACION _____
 SERVICIO _____ FECHA _____
 REVISADO POR _____ SUPERVISADO POR _____
 REGISTRO POR _____

PARTES A REVISAR	BUEN ES TADO	REGULAR	REEMPLAZAR	NOTAS
Plancha				
Carcaza				
Impulsor				
Cople				
Empaques				
Valeros impulsor				
Valeros Impulsor				
Estado del motor				
Valeros motor				
Línea de purga				
Cimentación				
Ventura				
SOLO PARA BOMBAS DE GASOLINA				
Tanque de gasolina				
Aceite				
Bujías				
Platinos				
Sistema de arranque				
Batería				
Filtros				

OBSERVACIONES GENERALES _____

HOJA DE INSPECCION.
HORNO DE ARCO

HORNO No. _____ REVISADO POR _____ SUPERVISADO POR _____

REGISTRADA POR _____ Fecha _____

PARTES A REVISAR	BUENO	REGULAR	REPARAR	NOTAS
Manijas Hidráulico				
Manijas Agua				
Manijas eléctricas				
Manijas Hidráulicas				
Manijas de Agua				
Manijas Eléctricas				
Manijas				
Manijas partes aislantes				
Manijas interruptores límite				
Manijas				
Manijas				
Bombas Hidráulico				
Manijas Hidráulicas				
Manijas				
Panel de Control				
Alta Tensión				

OBSERVACIONES GENERALES: _____

rom.

HOJA DE INSPECCION DE M. P.
-COLECTOR DE POLVO (PANGBORN)

DEPARTAMENTO _____ FECHA _____
 REVISADO POR _____ SUPERVISADO POR _____
 REGISTRADO POR _____ INTERVALO DE INSPECCION MENSUAL
 DISPOSICION DEL EQUIPO DIA DOMINGO O PREVIO AVISO

ARTES A REVISAR	BUEN ESTADO	REGULAR	REPARAR	NOTAS
Ventilador				
Componentes del Ventilador				
Junchas y Polvos de Ventilador				
Travas (chacar fugas)				
Transportadores de gusanos sin fin				
Válvulas rotatorias de descarga				
Reductores de velocidad gusanos				
Mecanismos Sacudidores				
Polvos (chechar tensión)				
Lubricación general a Grasa				
Niveles de aceite				
Diferencial de presión en manómetros				Máximo
de columna de agua				cinco
Netos				
Limpieza general				
Pintura				

OBSERVACIÓN GENERAL _____

ING. J. L. RANGEL

HOJA DE MANTENIMIENTO DE MAQUINAS
BALEADORAS WHEELBRATOR Y PANGBORN

MAQUINA _____

LOCALIZACION _____

REVISADA POR _____

SUPERVISADA POR _____

PARTES A REVISAR	Nº PARTE DE FABRICANTE	BUEN ESTADO	REGULAR	CAMBIAE	NOTAS
Hule de Mesa					
Baleros y Chumaceras					
Cuchanos Transportadores Granalla					
Caja de Basura (Trax 30x)					Mantener llena de Chatarra
Labio de atrás					
Plato deslizante					
Cubiertas sup. e inf. de la rueda					
Rueda porta Aspas					
Aspas o Cuchillas					Revisar C/100 hrs. Serv.
Jaula de Control					Revisar desgaste Lab. der.
Impulsor					
Cabina (Placas laterales y Hules)					
Elevador de C. pilones					
Cadenas, Citarinas y Poleas					
Malla en descarga Elev. Cang.					Sacar diariamente Rebabe
Campana de toma de Aire					
Colector de Polvos					Sacudir diariamente
Lubricación general a Grasa					
Lubricación con Aceite (Niveles)					

OBSERVACIONES GENERALES _____

FECHA _____

HOJA DE INSPECCION DE M. P.

TINAS DE VACIADO

DEPARTAMENTO _____

FECHA _____

REVISADO POR _____

SUPERVISADO POR _____

REGISTRADO POR _____

INTERVALO DE INSPECCION _____ MENSUAL

DISPOSICION DE EQUIPO VARIANTE PREVIO AVISO

PARTES A REVISAR	BUEN ESTADO	REGULAR	REPARAR	NOTAS
Mecanismo de Cremallera				
Trillo de Ganse				
Barra de tapón Rotolock				
Asiento de tapón Rotolock				
Arrolla de volteo				
Muñones de tina				
Tirantes de carga				
Tapas de tirantes de carga				
Arrolla de carga				
Motorcario				
Pilas				
Inspección general				
Pintura				

OBSERVACIONES GENERALES _____

ING. J. L. RANGEL

d).- Métodos y Procedimientos

Los factores que influyen cualquier "layout", pueden dividirse en ocho grupos básicos:

- 1.- El Factor material: diseño, variedad, cantidad.
- 2.- El factor maquinaria: equipo y herramental.
- 3.- El factor humano: supervisión y obreros.
- 4.- El factor movimiento: transportes inter a intra-departamentos, inventarios en proceso e inspecciones.
- 5.- El factor espera: retrasos y almacenajes temporales.
- 6.- El factor servicio: mantenimiento, programación.
- 7.- El factor edificio: características, equipo y su distribución.
- 8.- El factor cambio: versatilidad, flexibilidad, expansión.

Las guías fundamentales en la elaboración de un "layout", son las siguientes:

- 1.- Planear un todo, de lo ideal a lo práctico.
- 2.- Planear el proceso y la maquinaria alrededor de los requerimientos del producto.
- 3.- Planear el "layout" alrededor del proceso y la maquinaria.
- 4.- Planear el edificio alrededor del "layout".
- 5.- Planear con la ayuda de otros, para lograr una clara visión de conjunto.
- 6.- Verificar el "layout". (La pregunta tonta).
- 7.- "Vender" el "layout" (Objetivos, beneficios, demostración, aprobación).

En la elaboración de un "layout", de principio a fin, es recomendable el uso de modelos a escala, para lo cual es necesario contar con el siguien-

de material:

Rollos Letraset 3/32"

Rollos Letraset 1/16"

Pañel Boardex Milimétrico

Antes de proceder a la instalación de un "layout", habrá que formularse varias preguntas:

- 1.- ¿Se produce un artículo de calidad?
- 2.- ¿Se eliminan los accidentes?
- 3.- ¿Se reducen los costos?
- 4.- ¿Se mejora la moral de trabajo?
- 5.- ¿Se incrementa la producción?
- 6.- ¿Se mejora la limpieza?
- 7.- ¿Se reduce el desperdicio?
- 8.- ¿Se logran mejores tasas en los seguros?
- 9.- ¿Se mejora el mantenimiento?

Dentro del desarrollo de un "layout", hay que verificar las oportunidades de mecanizar actividades de manejo de materiales. Para ello, se utilizan las siguientes guías:

- 1.- Cuando tres o cuatro operarios trabajan juntos en una tarea conjunta durante dos o más horas seguidas, aunque el trabajo no se efectue más de tres o cuatro veces por semana.
- 2.- Cuando un operario tiene que levantar una pieza del suelo hasta un lugar encima de su cabeza.
- 3.- Cuando un operario tiene que levantar 25 ó más kilos desde

el suelo hasta la altura de sus hombros.

4.- Cuando un operario tiene que levantar 50 ó más kilos desde el suelo hasta la altura de su cintura.

5.- Cuando un operario tiene que levantar 75 ó más kilos desde el suelo hasta la altura de sus rodillas.

6.- Cuando un operario tiene que mover material en forma lateral más de 2 metros.

7.- Cuando un operario tiene que permanecer en la misma posición, moviendo material, más de 30 minutos.

8.- Cuando un operario, o grupo de ellos, tiene que mover más de 10 toneladas de material por hora.

e).- Balanceo de Líneas.

Existen básicamente dos tipos de estudios de balanceo de líneas:

Para líneas de ensamble

Para líneas de fabricación por medio de máquinas.

1.- Líneas de ensamble.

El objetivo es la obtención del "tiempo control de balance"

(TCB). Supongase el siguiente ejemplo:

Producción requerida = 105 unidades/día.

Semana laborable = 48 horas/5 días.

$$TCB = \frac{\text{Minutos hábiles/día}}{\text{Producción (unidades/día)}} = \frac{MH}{U} \quad \text{MIN/UN.}$$

MH = Minutos turno (MT) - Minutos perdidos turno (MP)

MT = 576 Min.

MP = Tiempo comida + tiempo preparación + tiempo limpieza
+ tiempo tolerancias.

$$= 30 + 5 + 5 + 11 = 51 \text{ MIN/TURNO}$$

$$MH = 576 - 51 = 525 \text{ MIN/TURNO.}$$

Así,
$$TCB = \frac{525}{105} = 5 \text{ MIN/UN.}$$

El TCB tendrá que ser ocupado siguiendo los principios de lo que debe ser un tiempo standar.

2.- Líneas de fabricación por medio de máquinas.

Supongase el siguiente ejemplo:

A	B	C	D	100 UNIDADES/HR.
100	80	120	100	

Cuatro máquinas (A, B, C, D) deben arrojar una producción horaria de 100 piezas siendo la capacidad de cada una de ellas la indicada en el esquema anterior.

Las máquinas A y D producen lo requerido.

La máquina B produce un 20% menos de lo requerido.

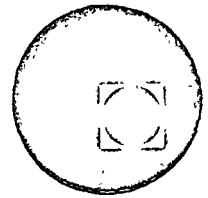
La máquina C produce un 20% más de lo requerido.

Soluciones posibles para la máquina B:

- Substitución.
- Aprovechamiento de sobre - capacidad de máquina C.
- Adición de máquina alterna.
- Mejora de las condiciones de trabajo, a través del operario o el herramental.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



DIRECTORIO DE PROFESORES DEL CURSO INGENIERIA DE ME-
TODOS Y PLANEACION DE PLANTAS INDUSTRIALES

M. en I. Gabriel Nabelsky Danziger
Gerente del Depto. de Asesoría
González Vilchis y Cía.
P. de la Reforma 243-5°
México, D.F. 533.10.00

Ing. Juan José Di Matteo Camoirano
Gerente de APISA
16 de Septiembre No. 55
Naucalpan de Juárez
Edo. de México 576.82.50

Ing. Miguel Reynoso Bonilla
Consultor en Administración
González Vilchis y Cía. S.A.
P. de la Reforma 243-5°
México D.F. 533.10.00

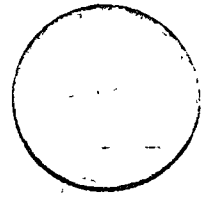
Ing. José Manuel Roza Irezabal
Director de Operaciones
Construcciones Electrónicas, S A.
Urbina 19
Fracc. P arque Ind.
N aucalpan de Juárez, Edo.de Mex. 576.26.00

Ing. Ricardo A . Vidal Valles
Gerente de Producción y Control de P roducción
Implementos Agrícolas Mexicanos
A v. Nte. Sur No. 4
Fracc. A lce Blanco, Naucalpan de Juárez
E do. de México 576.54.55





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



INGENIERÍA DE METODOS Y PLANEACION DE PLANTAS
INDUSTRIALES

TEMA: MUESTREO

ING. GABRIEL NABLIESKY

OBJETIVOS DEL PROGRAMA

1. DETERMINAR EL PERSONAL REQUERIDO UTILIZANDO TECNICAS CUANTITATIVAS
2. MEJORAR LA UTILIZACION EFECTIVA DEL PERSONAL
3. DESARROLLAR CONTROLES QUE ASEGUREN UNA EFECTIVA UTILIZACION DEL PERSONAL

FASES DEL PROGRAMA

1. OBTENCION DE INFORMACION Y DATOS
2. ANALISIS DE LA INFORMACION Y DE LOS DATOS
3. PREPARACION DEL INFORME Y DE LAS RECOMENDACIONES
4. LLEVAR A CABO LAS RECOMENDACIONES

CONDUCCION DEL PROGRAMA

1. APOYO DE LA ALTA GERENCIA
2. ORGANIZACION DEL PROGRAMA:
 - A. ANALISTA
 - B. GERENTE
 - C. SUPERVISOR
3. SELECCION DEL ANALISTA DE SISTEMAS
4. SELECCION DE LOS GRUPOS A ESTUDIAR
5. LOS EMPLEADOS Y SU REACCION AL PROGRAMA
6. UTILIZACION CONTINUA DEL PROGRAMA...
AUDITORIA DE LA FUERZA DE TRABAJO

FASE I

OBTENCION DE INFORMACION Y DATOS

1. ¿COMO UTILIZAN SU TIEMPO LOS EMPLEADOS?...
MUESTREO DEL TRABAJO
2. ¿QUE TRABAJO ESTA REALIZANDO CADA EMPLEADO?...
REPORTES DIARIOS DE PRODUCCION
3. ¿SON REALMENTE EFECTIVOS TANTO LOS CONTROLES, COMO LA SUPERVISION Y LA ORGANIZACION?...
REVISION DEL FLUJO DE TRABAJO Y DE LA ASIGNACION DE ACTIVIDADES
4. ¿COMO SE REALIZA EL TRABAJO?...
REVISION GENERAL DE LOS METODOS Y DE LOS PROCEDIMIENTOS

FASE II

ANÁLISIS DE LA INFORMACION Y DE LOS DATOS

1. Evaluación de los resultados del muestreo efectuado en cada sección:
 - A. Comparaciones del tiempo indirecto con el de:
 1. Otros departamentos o secciones
 2. Otras compañías
 - B. Identificación de los patrones de trabajo:
 1. Variaciones en la carga de trabajo
 2. Hábitos de trabajo

2. Evaluación de los resultados del muestreo para cada empleado:
 - A. Distribución del tiempo productivo
 - B. Tiempo indirecto
 - C. Naturaleza del trabajo ejecutado
 - D. Comparación con el trabajo de otros empleados

3. Reportes de producción:
 - A. Determinación del volumen de trabajo
 - B. Análisis de las variaciones en:
 1. El ritmo de producción
 2. La naturaleza del trabajo ejecutado
 - C. Comparación de la producción efectuada por cada empleado

FASE III

PREPARACIÓN DEL INFORME Y DE LAS RECOMENDACIONES.

FORMATO DEL INFORME

1. Descripción general del grupo
2. Comentarios acerca de los resultados del muestreo y de los informes de producción
3. Método para controlar el trabajo
 - A. Forma actual
 - B. Modificaciones sugeridas
4. Recomendaciones sobre organización, sistemas y métodos
 - A. Inmediatas
 - B. A largo plazo
 - C. Trabajo adicional justificado
5. Nivel de personal necesario que se recomienda
 - A. De inmediato
 - B. En el futuro
 - C. Redistribución del trabajo
6. Método que se sugiere para el control del nivel de personal

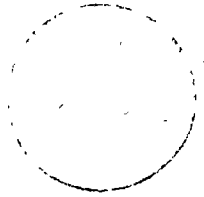
FASE IV

LLEVAR A CABO LAS RECOMENDACIONES

1. Revisar el informe con el supervisor y el gerente
2. Preparar un calendario para la ejecución
 - A. Areas en que existe acuerdo:
 1. Responsabilidad por modificaciones
 2. Fecha de terminación
 - B. Areas en desacuerdo
 - C. Areas en la que se requiere trabajo adicional:
 1. Tipo de trabajo
 2. Tiempo estimado
 - D. Cambios en el nivel de personal necesario
3. Revisión del informe con los directivos y obtención de su aprobación
4. Proveer lo necesario para una continuación sistemática del programa



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



INGENIERIA DE METODOS Y PLANEACION DE PLANTAS INDUSTRIALES.

MANTENIMIENTO

ING. RICARDO VIDAL VALLES

ORDEN DE COMPRA

PROVEEDOR

Implementos Agrícolas Mexicanos, S. A.
 AV NORTE SUR NO. 4 APDO. POSTAL 410 NAUCALPAN DE JUAREZ EDD. DE MEXICO

ORDEN DE COMPRA No.

A 11/11/71

ANOTESE ESTE NUMERO EN LA CORRESPONDENCIA, FACTURA, REMISIONES, BULTOS, ETC

EMBARCAR A:

Implementos Agrícolas Mexicanos, S. A.
 AV NORTE SUR NO. 4 APDO. POSTAL 410 NAUCALPAN DE JUAREZ EDD. DE MEXICO

INSTRUCCIONES DE FACILITACION
 VEASE AL REVERSO

FECHA 11/11/71	CONDICIONES DE PAGO CASH	REQUISICION No.	CUENTA No.
FECHA DE ENTREGA 11/11/71	L A B L A B	VIA EMBARQUE VIA TERRESTRE	COMPRADOR

PARTIDA	CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO
1	1000	...	...
2	1000	...	...
3	1000	...	...
4	1000	...	...
5	1000	...	...
6	1000	...	...
7	1000	...	...
8	1000	...	...
9	1000	...	...
10	1000	...	...
11	1000	...	...
12	1000	...	...
13	1000	...	...
14	1000	...	...
15	1000	...	...
16	1000	...	...
17	1000	...	...
18	1000	...	...
19	1000	...	...
20	1000	...	...
21	1000	...	...
22	1000	...	...
23	1000	...	...
24	1000	...	...
25	1000	...	...
26	1000	...	...
27	1000	...	...
28	1000	...	...
29	1000	...	...
30	1000	...	...
31	1000	...	...
32	1000	...	...
33	1000	...	...
34	1000	...	...
35	1000	...	...
36	1000	...	...
37	1000	...	...
38	1000	...	...
39	1000	...	...
40	1000	...	...
41	1000	...	...
42	1000	...	...
43	1000	...	...
44	1000	...	...
45	1000	...	...
46	1000	...	...
47	1000	...	...
48	1000	...	...
49	1000	...	...
50	1000	...	...
51	1000	...	...
52	1000	...	...
53	1000	...	...
54	1000	...	...
55	1000	...	...
56	1000	...	...
57	1000	...	...
58	1000	...	...
59	1000	...	...
60	1000	...	...
61	1000	...	...
62	1000	...	...
63	1000	...	...
64	1000	...	...
65	1000	...	...
66	1000	...	...
67	1000	...	...
68	1000	...	...
69	1000	...	...
70	1000	...	...
71	1000	...	...
72	1000	...	...
73	1000	...	...
74	1000	...	...
75	1000	...	...
76	1000	...	...
77	1000	...	...
78	1000	...	...
79	1000	...	...
80	1000	...	...
81	1000	...	...
82	1000	...	...
83	1000	...	...
84	1000	...	...
85	1000	...	...
86	1000	...	...
87	1000	...	...
88	1000	...	...
89	1000	...	...
90	1000	...	...
91	1000	...	...
92	1000	...	...
93	1000	...	...
94	1000	...	...
95	1000	...	...
96	1000	...	...
97	1000	...	...
98	1000	...	...
99	1000	...	...
100	1000	...	...
TOTAL DE ESTA ORDEN DE COMPRA			104,000.00

CONFIRMACION PEDIDO TELEFONICO
 AL SR. G. TRIS.

SOLICITANTE

AUTORIZACION DE ENTREGA

Implementos Agrícolas Mexicanos, S.A.



ACEPTADO POR EDO	No. AUTORIZACION	No. DE ENTREGAS	U. DE M.	CANT. X UNIDAD	DESCRIPCION	No. DE PARTE
	2/15	21000	PEAS.	3 Y 4	MAZA PORTADESCO	QXD 2093
FIRMA	PROVEEDOR DIRECCION POBLACION					FECHA
	TRATORES DE MONTERREY, S.A. AV. NOROCCIDENTAL No. 600 SAN NICOLAS DE LOS GARZA N.L.					DIC. 3/74

ULTIMA ENTREGA CONSIDERADA	FECHAS Y CANTIDADES PARA EMBARCAR				AUTORIZACION DE FABRICACION PARA PROXIMOS EMBARQUES	
CANTIDAD	831					
FECHA	NOV. 12/74					
REMISION ACUMULADO	3111 4420	FECHA DE EMBARQUE	DIC. 74	BNE. 75	FEB. 75	
REQUERIDO HASTA	5500 NOV. 74	CANTIDAD	0	750	500	
SALDO	1080	ACUMULADO				

REQUERIMIENTOS ESTIMADOS								16	VOLUMEN ANUAL ESTIMADO 17
(ESTAS CANTIDADES SE PROPORCIONAN SOLO PARA FINES DE PLANEACION DEL PROVEEDOR)									
MAR. 75	ABR. 75	MAY. 75	JUN. 75	JUL. 75	AGO. 75	SEP. 75	OCT. 75		
500	500	500	0	500	500	0	500		

VARIACION EN CANTIDAD DE LOS MESES DADOS EN FIRME EN LA AUTORIZACION DE ENTREGA ANTERIOR

No. - _____

CANTIDAD ACUMULADA TOTAL DE EMBARQUE Y FABRICACION	EMBARCAR A	EMBARCAR A.	FORMULO	AUTORIZO
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	PLANTA AV. NORTE SUR No. 4 NAUCALPAN EDO. MEX.			POR _____ IMPLEMENTOS AGRICOLAS MEXICANOS, S.A.

OBSERVACIONES:

ATRASO DE NOV. 1080 PEAS.
 EMBARQUE DE DIC. 0 "

TOTAL A EMBARCAR 1080 PEAS.

URGENTE

1080
900
155
0

ALBEN DE 4/5

REPORTE DE TIEMPO PERDIDO

R E A Tornos

107022K

CLAVE DE LA MAQUINA 71-7

CAUSAS::	D I A S H A B I L E S																					T. TOTAL			
	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	28	29	30		2	3	
S/OPERADOR																									
S/MATERIAL																									
MECANICA													1.00												1.00
ELECTRICA		2.00					1.50																		3.50
S/PROGRAMA																									
HERRAMIENTAS		2.25	2.00			3.50							1.00			5.00								13.75	
AFILADO										2.25							1.00					1.50		4.75	
LIMPIEZA																				5.50				5.50	
EN REPARAC.														1.00								2.75		3.75	
OTROS																1.66			2.00					3.66	
TIEMPO TOTAL		4.25	2.00			3.50	1.50			2.25			2.00	1.00		6.66	1.00		2.00	5.50	4.25			35.91	

OBSERVACIONES:

REPORTE DE TIEMPO PERDIDO

MAQUINA _____ MAQUINA Nº _____ A - SIN OPERADOR _____
 OPERADOR _____ TARJETA Nº _____ B - SIN MATERIAL _____
 AYUDANTE _____ TARJETA Nº _____ C - MECANICA _____
 D - ELECTRICA _____
 E - SIN PROGRAMAR _____
 F - HERRAMIENTAS _____
 G - AFILADO _____
 H - LIMPIEZA _____
 I - EN REPARACION _____
 J - OTRAS _____

FECHA _____ TURNO 1 2 3

TIEMPO PERDIDO _____

SOBRESTANTE _____

TURNO 1 2 3

HORAS								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
MINUTOS PERDIDOS								
0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	5	5	5	5	5	5	5	5
10	10	10	10	10	10	10	10	10
15	15	15	15	15	15	15	15	15
20	20	20	20	20	20	20	20	20
25	25	25	25	25	25	25	25	25
30	30	30	30	30	30	30	30	30
35	35	35	35	35	35	35	35	35
40	40	40	40	40	40	40	40	40
45	45	45	45	45	45	45	45	45
50	50	50	50	50	50	50	50	50
55	55	55	55	55	55	55	55	55
60	60	60	60	60	60	60	60	60

OTRA EXPLICACION _____

"IAMEX"

PRODUCTIVIDAD

MANO DE OBRA

F '75

MES	DIAS HABILES	TOR. DE OBRAS	OBRAS COMPLETADAS	OBRAS DEMANDADAS	OBRAS EN CURSO	PRIMER TULO	SEGUNDO TULO	TERCER TULO	CUARTO TULO	QUINTO TULO	SIXTO TULO	SEPTIMO TULO	OCTAVO TULO	NOVENO TULO	DIEZIMO TULO	ONCEavo TULO	DOCEavo TULO	TRINCEavo TULO	QUINCEavo TULO	SEISCENTOavo TULO	SETECIENTOavo TULO	OCOCENTOavo TULO	NOVENOCENTOavo TULO	MILAVO TULO	
NOVIEMBRE	10	200	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
DICIEMBRE	18	200	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ENERO	15	200	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
FEBRERO	19	200	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
MARZO	21	200	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ABRIL	16	200	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
MAYO	20	200	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
JUNIO																									
JULIO																									
AGOSTO																									
SEPTIEMBRE																									
OTUBRE																									

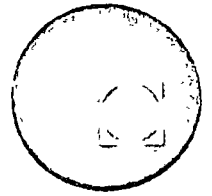


RECIBO 7-1-72 1972

C	DESCRIPCION	MATER
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



INGENIERIA DE METODOS Y PLANEACION DE PLANTAS
INDUSTRIALES

TEMA: CASO PRACTICO

ING. MIGUEL REYNOSO

- V

10

PLANTEAMIENTO DEL CASO PRACTICO

1. Control de los almacenes
 2. Productos de la empresa
 3. Inversión en inventarios
 4. Costo de mantener
 5. Costo de ordenar
 6. Nivel de servicio
 7. Costos totales de los inventarios
 8. Resumen
- 0
- 10

CONTROL DE LOS ALMACENES

- a. Materias primas y materiales -
 - Control físico y contable
 - Las compras las supervisa el gerente administrativo

- b. Producto terminado -
 - Control físico y contable
 - Control a través de la planeación de las existencias a cargo del gerente de investigación y desarrollo

- c. Producto en proceso -
 - No existe

PRODUCTOS DE LA EMPRESA

Producto A:

Presentación: - Tabletetas

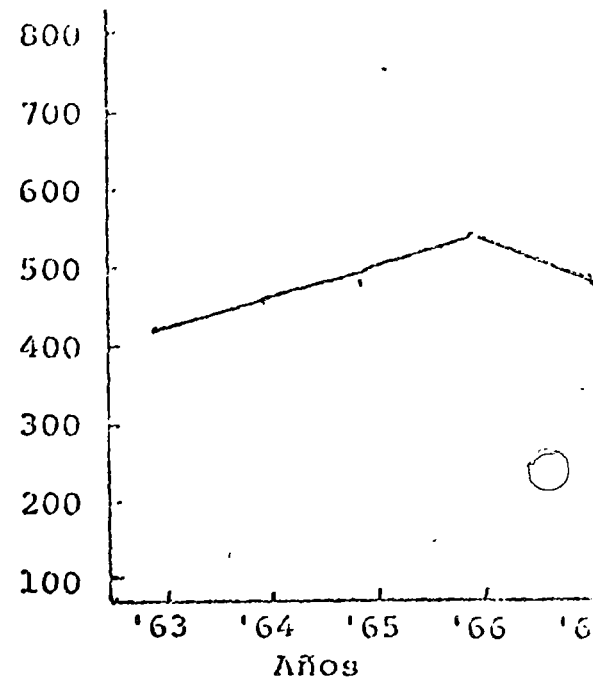
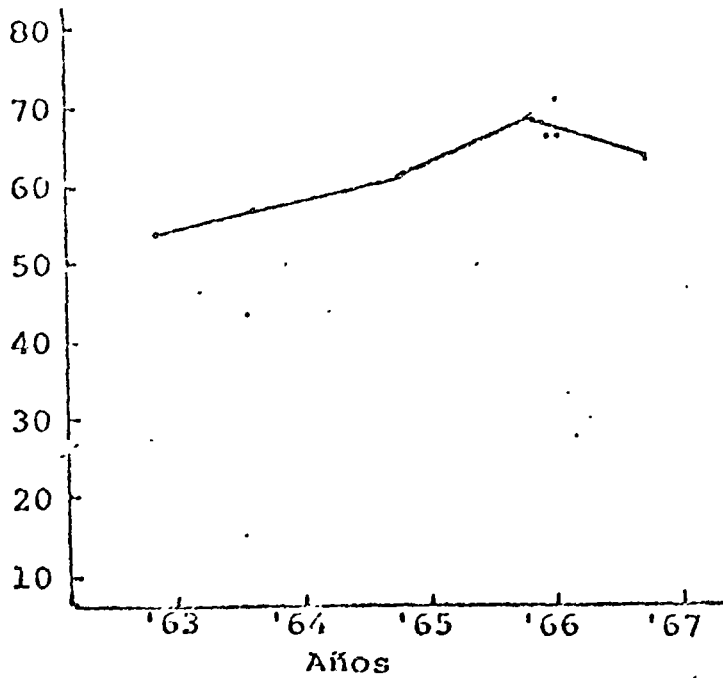
Ventas Netas:

Piezas

Pesos

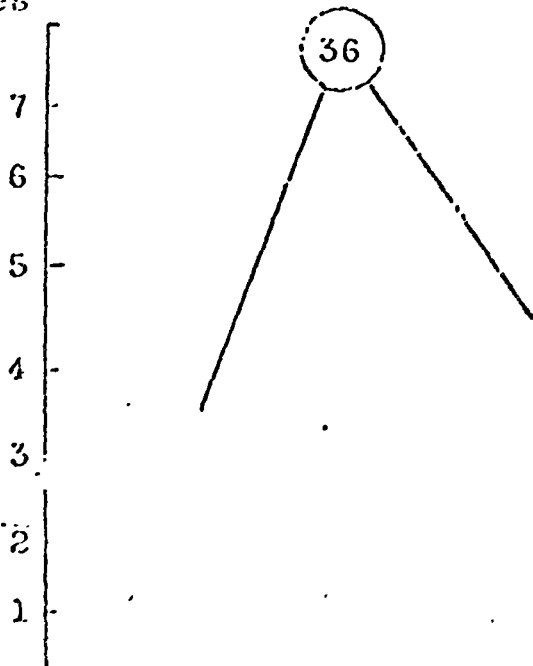
Ventas en
miles de piezas

Miles de
pesos

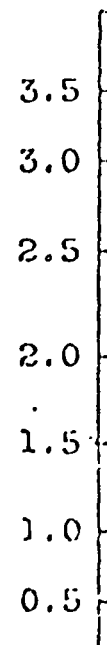


Rotación de inventarios:

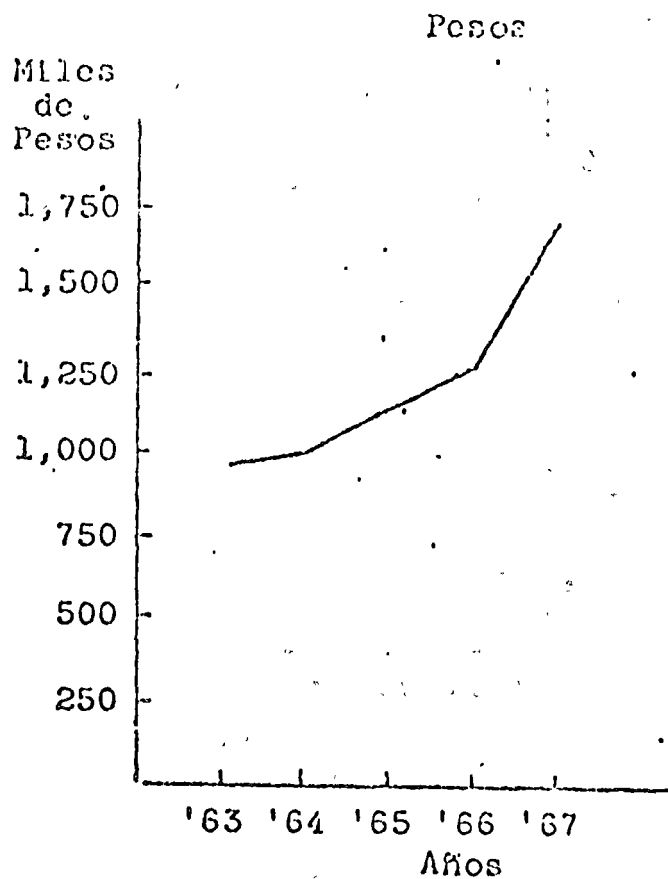
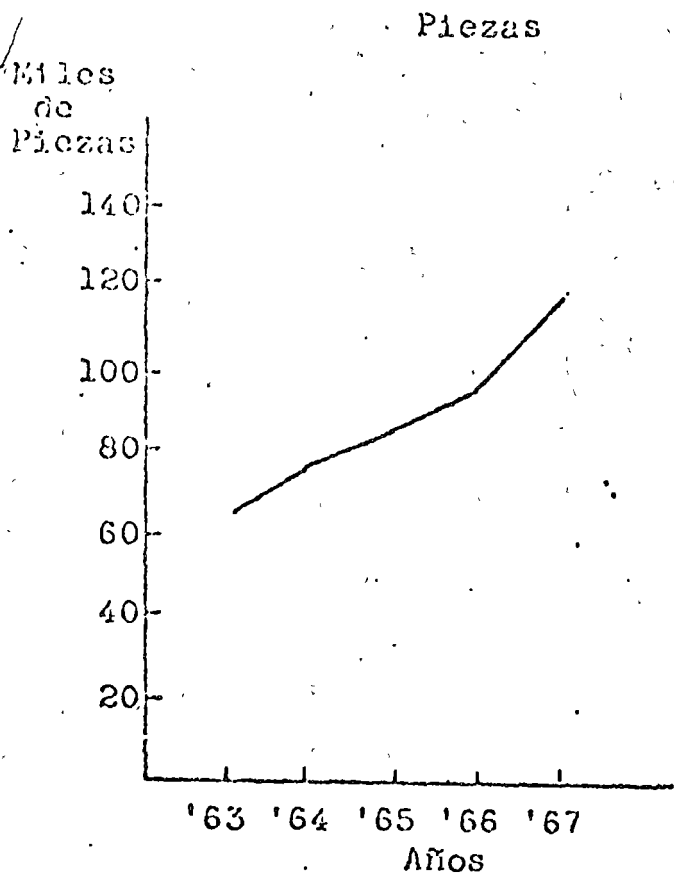
Número
de
Veces



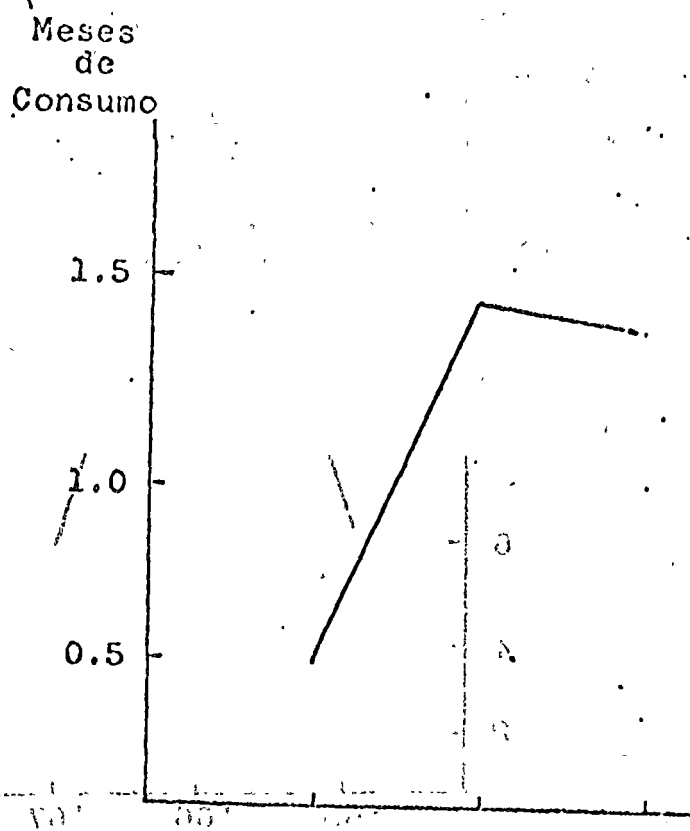
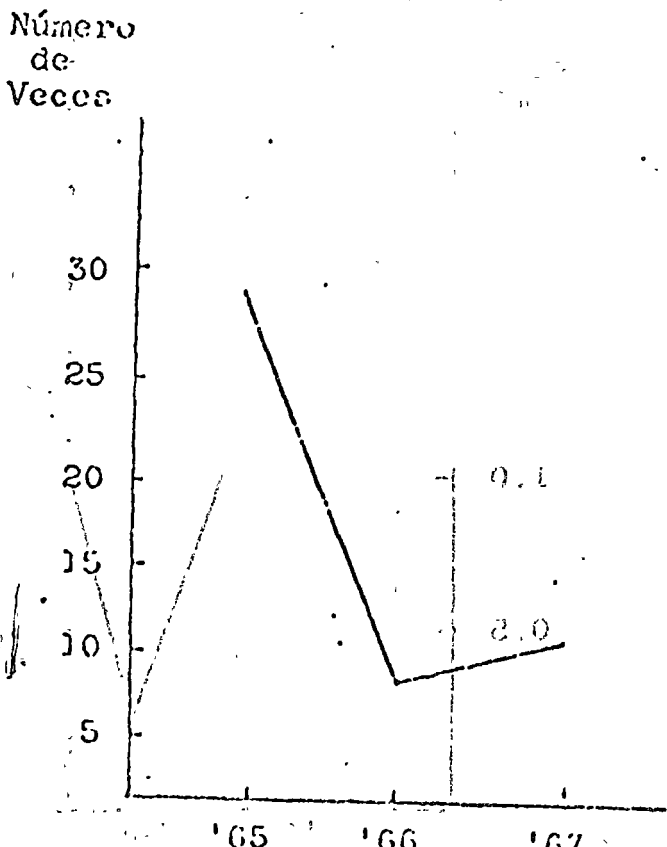
Meses
de
Consumo

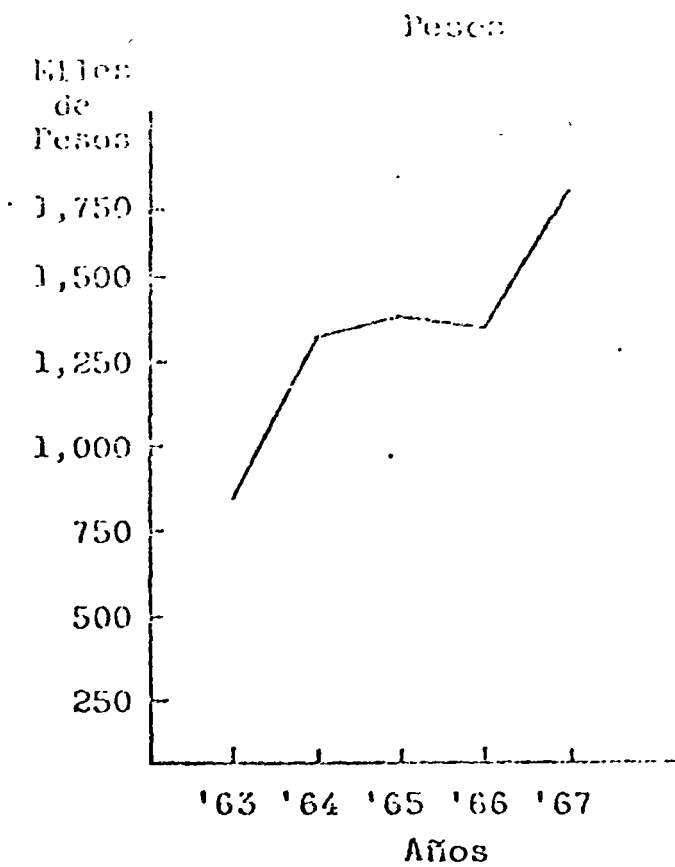
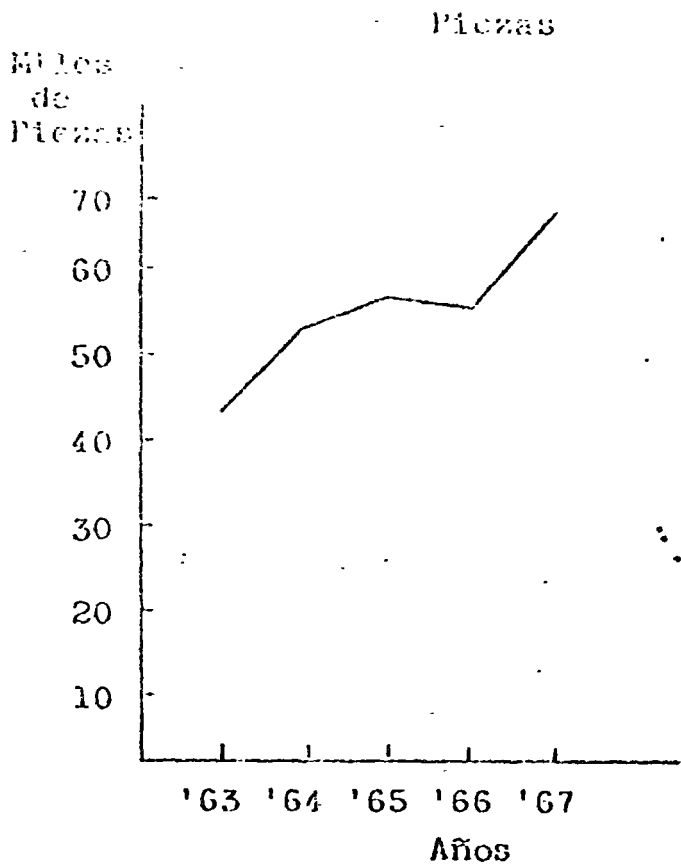


Producto B
Pres. Nación. - Tablet
Ventas netas:

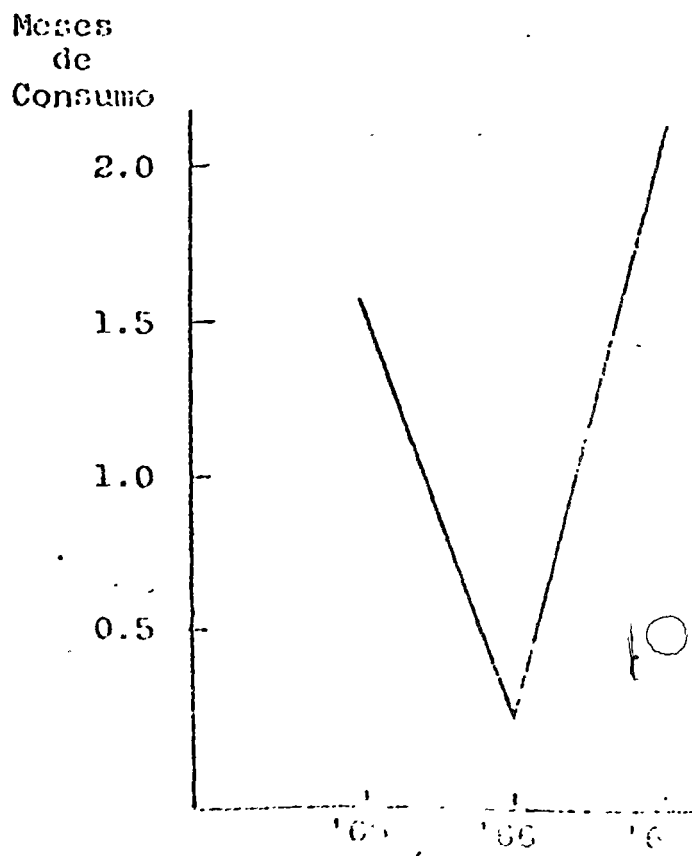
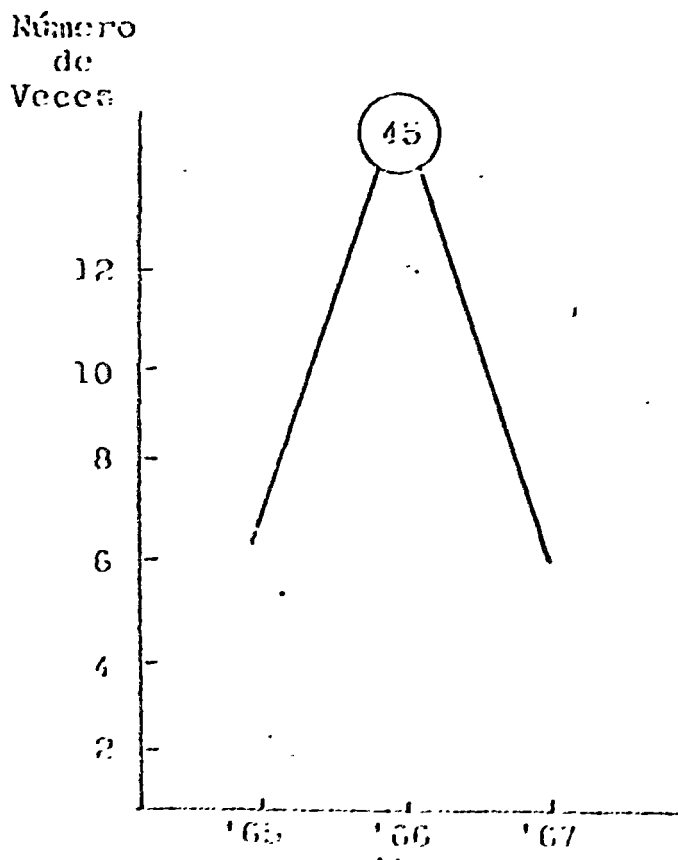


Rotación de Inventarios:

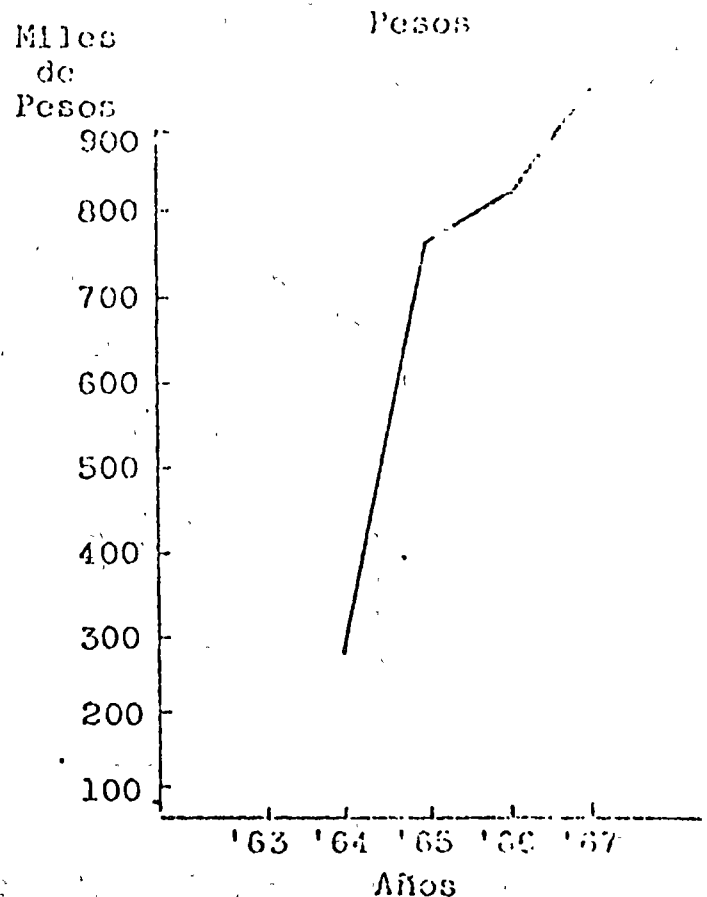
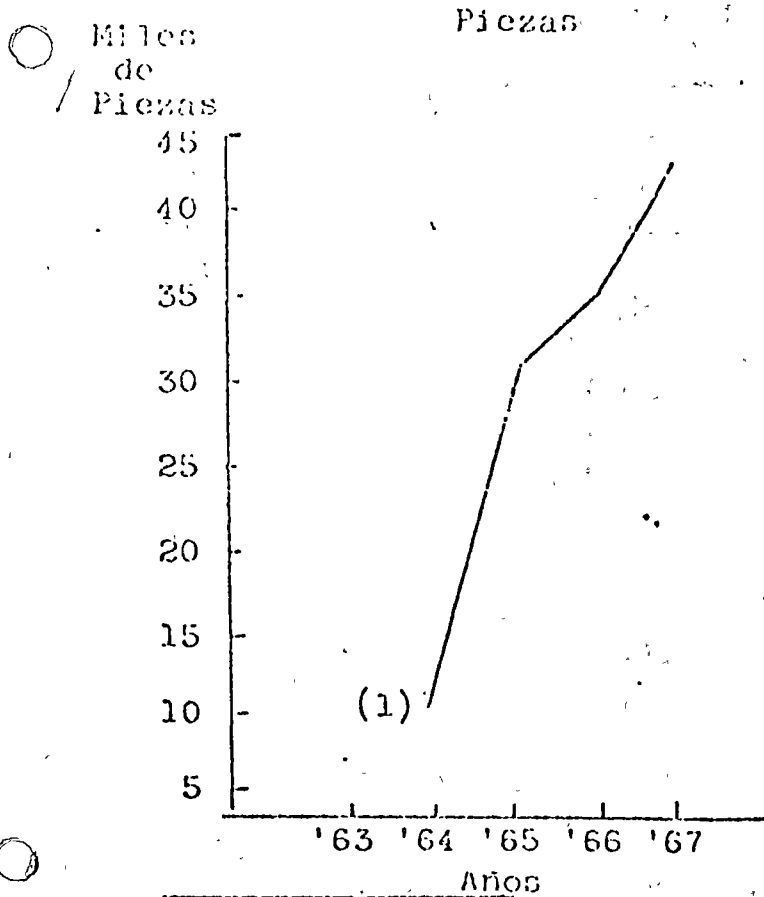




Rotación de inventarios:

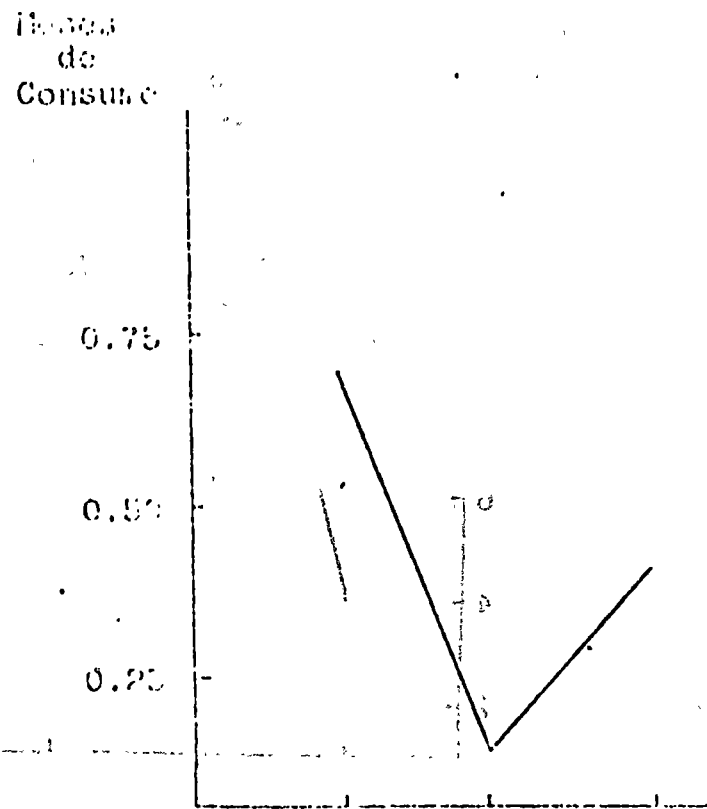
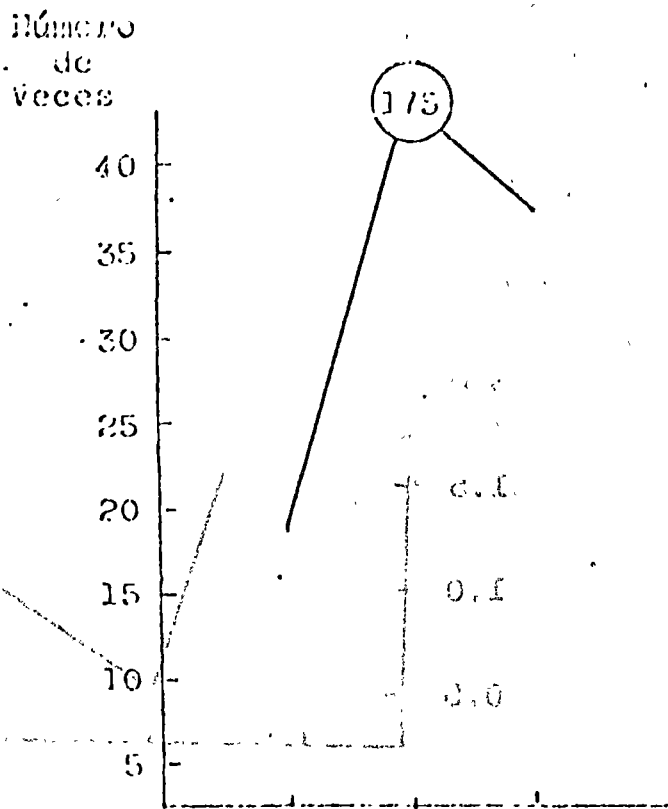


Producto D
Producción.- Grageas
Ventas Pzas:

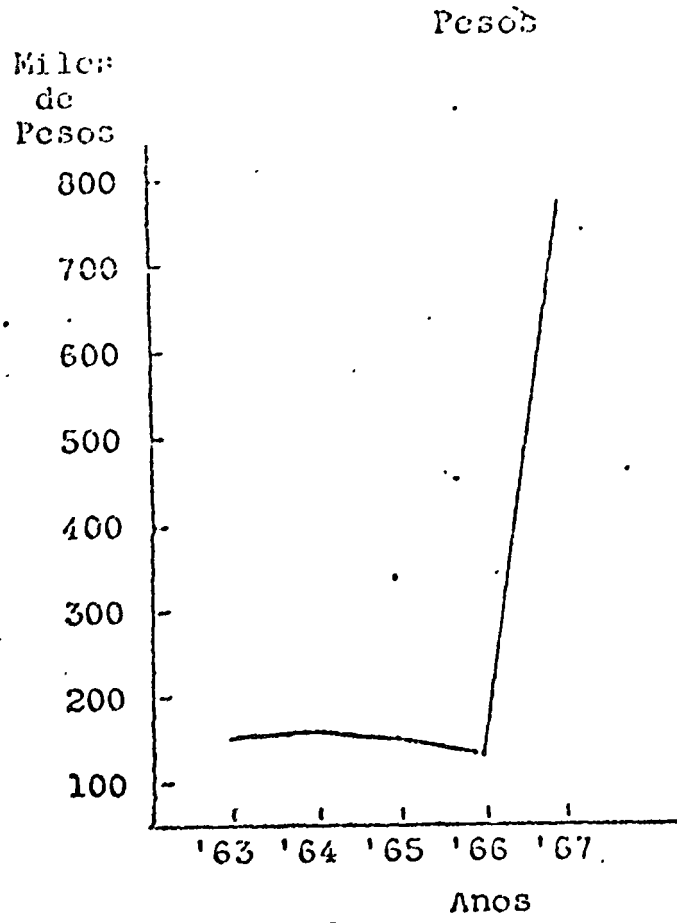
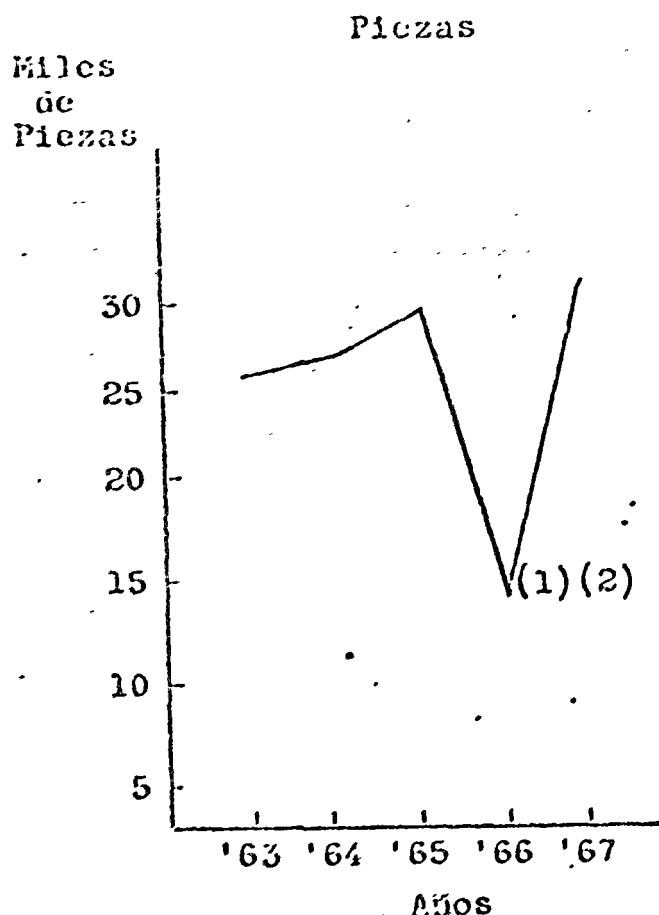


(1) El producto se lanzó al mercado en diciembre de 1964

Rotación de Inventarios:

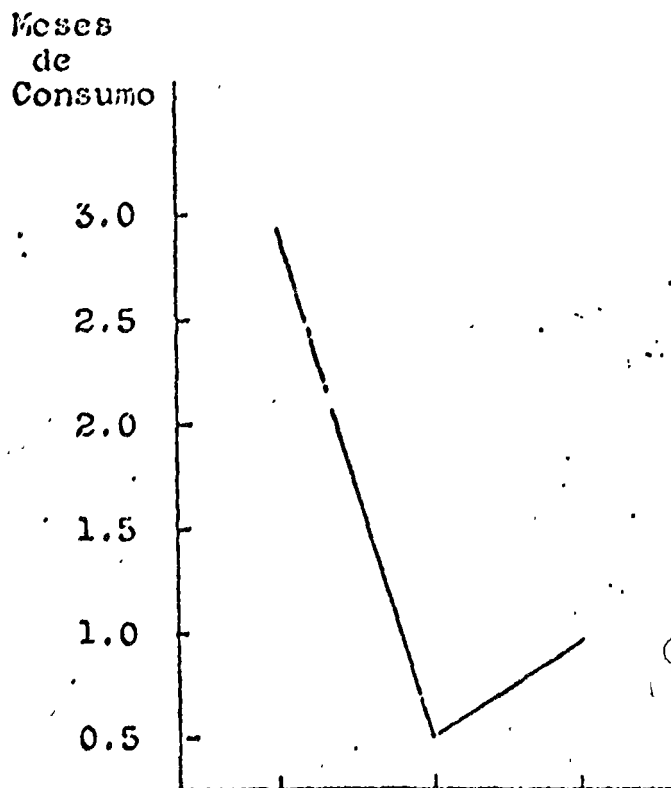
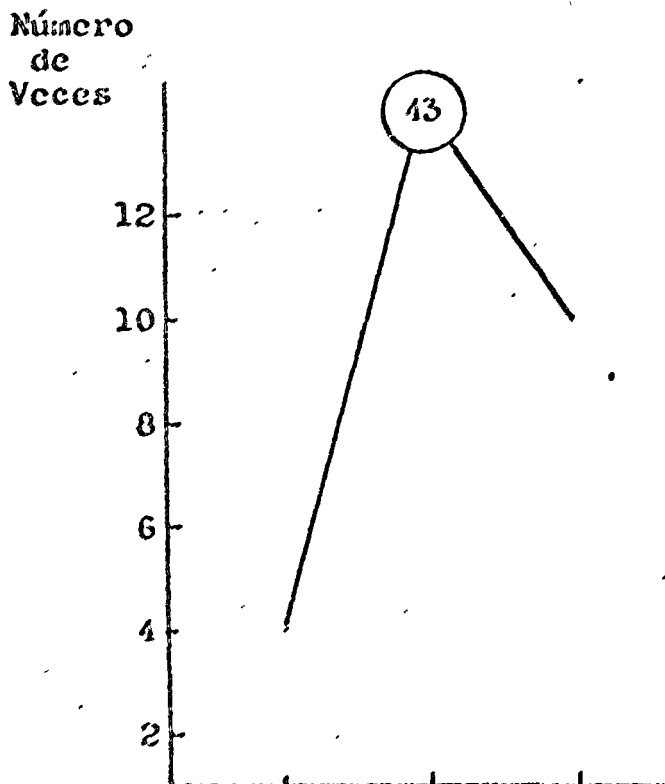


Presentación.- Tabletas
Veritas notas:



(1) Sólo se vendió durante 7 meses en 1966
 (2) Hubo cambio de precio. Aumentó 391% a mediados de 1966

Rotación de inventarios:



Producto A:

Materias primas

A 1

A 2

A 3

A 4

A 5

A 6

Materiales de empaque

A 7

A 8

Producto B:

Materias primas

A 1

A 2

A 3

A 4

A 5

A 6

Materiales de empaque

B 1

B 2

Producto C:

Materias primas

C 1

C 2

C 3

C 4

C 5

C 6

C 7

Materiales de empaque

C 8

C 9

C 10

C 11

Producto D:

Materias primas

A 2

A 5

C 1

D 1

D 2

Materiales de empaque

D 3

D 4

Producto E:

Materias primas

A 2

A 3

Materiales de empaque

E 2

E 3

Productos terminados

<u>Productos</u>	<u>Inversión</u>
A	\$ 155,900
B	59,700
C	2,121,000
D	1,051,000
E	115,100
Inversión total en productos terminados	<u>\$3,503,300</u>

Inversión total en inventarios

Materias primas y materiales	\$ 262,610
Productos terminados	<u>3,503,300</u>
Inversión total	<u><u>\$3,765,910</u></u>

Costo actual de mantener los inventarios:

<u>Elemento del costo</u>	<u>Costo sobre la inversión en Inventarios</u>
Costo del capital	12 % (2)
Desperdicio (mermas)	10 % (2)
Seguros (1)	0.2 %
Almacenaje (1)	0.6 %
Toma de inventarios (1)	0.01%
Costo total de mantener inventarios	<u>22.9%</u> sobre la inversión en inventarios

COSTO ACTUAL DE ORDENAR

- Materias primas y materiales -

	<u>Importe mensual</u>	<u>Importe mensual</u> <u>de 1953</u>
a. Preparación de requisiciones y órdenes de compra y trámites con proveedores	\$ 696.00	\$ 17.40 34.80 por im- portación
b. Control en contabilidad	405.00	13.50
c. Revisión y pago a proveedores	\$ 649.00	\$17.10 34.20 (1) im- portación
d. Costo de papelería para manejo de compras de materias primas y materiales	76.00	2.52
e. Depreciación de máquinas	<u>.51.00</u>	<u>1.70</u>
Costo total de ordenar materias primas y materiales al mes	<u>,912.00</u>	<u>\$52.22</u> por 1
		<u>\$86.72</u> im. portación

Costo total anual de ordenar materias primas y materiales \$22,944.00.

Productos Terminados

Costos generales a cualquier producto:

Programación y control de la producción

\$ 8,000.00 entre 15 órdenes igual a \$ 533.33 por orden

Preparación de órdenes de producción

\$ 50.00 entre 15 órdenes igual a \$3.33 / orden

\$0.80 papel de la orden de producción 0.80 4.15 por orden

Total de costos generales \$ 538.15

Costos de ordenar producción por producto

<u>Producto</u>	<u>Costo general</u>	<u>Costo prepara- ción máquinas</u>	<u>Costo de ordenar por orden</u>
A	538.15	\$400.00	\$ 938.15
B	538.15	400.00	938.15
C	538.15	600.00	1,138.15
D	538.15	800.00	1,338.15
E	538.15	400.00	938.15

Costos mensuales totales de ordenar producción

<u>Producto</u>	<u>Costo de orde- nar por orden</u>	<u>Órdenes al mes</u>	<u>Costo mensual de ordenar</u>	<u>Costo anual</u>
A	\$ 938.15	3	\$2,814.45	\$ 33,733.40
B	938.15	6	5,628.90	67,546.80
C	1,138.15	3	3,414.45	40,973.40
D	1,338.15	2	2,676.30	32,115.60
E	938.15	1	938.15	11,257.80
Totales				<u>\$185,627.00</u>

Nivel de servicio

A la fecha la empresa tiene un nivel de servicio de 100% dentro de un plazo de 48 horas a partir de la fecha en que se recibió el pedido; a excepción de los pedidos del IMSS e ISSTE donde por mutuo acuerdo con estas instituciones son surtidos durante los diez días siguientes a la recepción del pedido.

COSTOS TOTALES DE LOS INVENTARIOS SEGUN LA SITUACION ACTUAL DE LA EMPRESA:

Costo de mantener (anual)	\$ 860,000.00
Costo total de ordenar materias primas y materiales	22,944.00
Costo total de ordenar productos terminados	<u>185,627.00</u>
Costo total anual de los inventarios	<u><u>\$1,068,571.00</u></u>

Inversión en inventarios \$3,766,000.00

Costo total actual de los inventarios \$1,068,571.00 - 36% de la inversión

5. Determinaciones de lotes de magnitud económica

5.1. Introducción

En la compra o en la fabricación de un producto hay ciertos elementos de costo cuya suma ha de reducirse al mínimo. Es innegable que, en toda operación fabril eficiente, cada uno de los elementos del costo habrá de ajustarse de manera que asegure que el costo general de la operación es el mínimo. El problema que hemos de examinar en este punto es cómo controlar las cantidades (unidades) de material fabricado o adquirido en un solo lote o partida, de manera que los costos generales relacionados con la fabricación o la compra sean los mínimos. Después de un estudio de sistemas de control de existencias haremos más comentarios acerca del efecto que la magnitud económica de los lotes surte en el sistema de control de existencias.

5.2. Determinación de los lotes de magnitud económica cuando la reposición es instantánea

La solución general del problema de los lotes de magnitud económica depende de la naturaleza de la reposición de las existencias. La reposición de existencias puede ser instantánea, o bien puede producirse dentro de un período finito de tiempo. En primer lugar examinaremos el problema cuando puede considerarse que la reposición es instantánea.

Si la empresa que vende el producto del Ejemplo 1 hubiese de comprar un componente del mismo, ello comportaría ciertos costos. Estos costos son los siguientes:

1. Costo de adquisición (costo del pedido).
2. Costo del material (costo del artículo).
3. Costo de almacenamiento del material hasta que se le utiliza (costo de almacenamiento).

El primero de estos costos, costo del pedido, se deriva de los costos interiores y exteriores que van asociados a todo pedido de compra. Estos costos son aparte de los costos segundo y tercero que se mencionan arriba (costo del artículo y costo de almacenamiento). Incluidas en el costo del pedido figuran partidas tales como: costo de los impresos o formularios empleados; costo de hacer la solicitud o requisición de compra y el trámite para su aprobación; costo de conseguir cotizaciones; costo del trámite del pedido de compra; costo de continuar el despacho y envío del pedido de compra; costo de transportar los artículos, etc. Los costos del pedido incluyen, en general, cualquier costo cuyo monto o magnitud venga afectado por el número de pedidos que se tramitan.

El segundo de estos costos, costo del artículo, se deriva del precio de las partidas de material. Un elemento que se debe tener siempre en cuenta es el descuento por cantidad que pueda conseguirse. Si la rebaja en el precio (cambio de un precio unitario a otro que sea más bajo) deja el lote de magnitud económica dentro del precio más alto, será oportuno comprobar el costo total del lote económico al precio unitario más elevado y también al precio unitario rebajado, para escoger entonces un lote cuya magnitud arroje el costo mínimo correspondiente a un determinado período de tiempo (por lo general un año).

El tercero de los costos arriba mencionados dimana de los elementos del costo que varían de acuerdo con la cantidad de material que se almacena, o incluso con el hecho de que el material no llegue ni tan siquiera a almacenarse. En esta categoría entran partidas tales como: impuestos, seguro, manejo o acarreo, costo de utilizar o alquilar espacio para el almacenamiento, costo del dinero invertido en la partida de materiales, costos debidos al riesgo de descomposición o de caída en desuso, etc. Si el material no ha de almacenarse, no se habrán de pagar impuestos ni seguro, no habrá acarreo de entrada ni salida de la zona de almacenamiento, no habrá espacio que deba procurarse

o, si ya hay espacio disponible, se le puede utilizar para otros fines. Si en la compra de este material no se ha de invertir dinero, éste puede utilizarse para otros fines provechosos. Si no hay existencias ni repuesto, no hay riesgo de que los mismos caigan en desuso ni que se eche a perder su calidad.

La determinación del lote de magnitud económica comprende tomar en cuenta dos factores capitales: costo y cantidad. En términos generales, el problema de la determinación del lote de magnitud económica, o magnitud del lote con costo mínimo, comporta la minimización del costo total anual y se puede expresar así:

$$C = \frac{As}{q_0} + sc + \frac{iq_0}{2} \quad (5.1)$$

En cuya ecuación C = costo total anual

A = costo del pedido

s = utilización anual o demanda anual

q_0 = cantidad a comprar en un solo lote

c = costo de una unidad del producto adquirido

i = costo anual de almacenar un artículo.

En la Ecuación (5.1) los tres elementos del costo aparecen indicados por los tres sumandos del segundo término. El costo anual de los pedidos es As/q_0 . Esto es fácil de ver si tenemos en cuenta que s/q_0 (utilización anual dividida por la cantidad de cada pedido) es el número de pedidos que se hacen al año. Cuando esto se multiplica por A (costo de cada uno de los pedidos) el resultado es el costo anual de colocar los pedidos. El costo anual del material es sc , en cuya expresión s es la cantidad que debe comprarse en el año y c es el costo de cada artículo comprado. El costo anual de almacenar el material es la cantidad promedio almacenada en el curso del año, que es $q_0/2$, multiplicada por el costo de almacenar una unidad del artículo, cuyo costo es i unidades de moneda por unidad. Esto puede expresarse en la forma siguiente:

El costo anual de compra del material es igual al costo de pedir el material, más el costo del material, más el costo de almacenar la cantidad promedio de material en existencia durante el año.

Si diferenciamos la Ecuación (5.1) respecto a q_0 y despejamos q_0 , obtenemos la expresión correspondiente a la cantidad

de pedido con menor costo o sea la magnitud económica del lote, o partida. Esta expresión es:

$$q_0 = \sqrt{\frac{2As}{i}} \quad (5.2)$$

Obsérvese que el costo unitario del artículo, c , de la Ecuación (5.1) no entra en la cantidad de pedido con el costo mínimo, q_0 que se obtiene con la Ecuación (5.2). Por lo tanto, podemos llegar a la conclusión, que reza en general para todos los problemas del control de producción, de que cualquier elemento del costo que no se vea afectado por el plan no afecta a la solución.

5.2.1. Determinaciones del lote de magnitud económica para el ejemplo 1

Si damos por supuesto que adquirimos un componente para el producto del Ejemplo 1, hay ciertos costos que van asociados a su compra. Con fines de ilustración, resultan apropiados los costos siguientes:

A (costo del pedido) = \$ 8.33

s (utilización anual) = 1500 unidades

i (costo anual de almacenamiento) = 0.10/unidad/año

$$q_0 = \sqrt{\frac{2 \times 8.33 \times 1500}{0.10}} = 500 \text{ unidades.}$$

Por lo tanto, se obtendrá el mínimo costo anual total si se adquieren 500 unidades cuando se las necesite. Esto quiere decir que cada año habrían de colocarse $\frac{1500}{500}$, o sea 3, pedidos. Puesto que la demanda es esencialmente constante durante todo el año, habría de colocarse un pedido cada $\frac{250}{3}$ días, o sea cada 83 días aproximadamente. (Esto da por sentado que los días laborables son 250 al año). La cantidad pedida y el tiempo entre un pedido y otro variarán según sea el sistema de control de existencias que se esté empleando. Esto lo trataremos en un punto posterior. El lector no debe preocuparse por las fracciones decimales de un pedido que es de presumir deba adquirirse en cualquier año dado, puesto que, además de por el sistema de control de existencias, el intervalo entre pedidos puede venir asimismo afectado por una desviación de la demanda real respecto a la pronosticada, además, si el material adquirido no se emplea en el año en que

se le ha comprado, probablemente se le utilice en el año siguiente.

El problema arriba planteado puede resolverse también gráficamente, tal como en la Figura 5.1. Se trazan las curvas correspondientes a los costos de pedido y los de mantener las existencias en función de la cantidad del pedido. Con estas dos curvas se obtiene el costo total. La cantidad del pedido con costo total mínimo se obtiene determinando el punto mínimo de la curva del costo total.

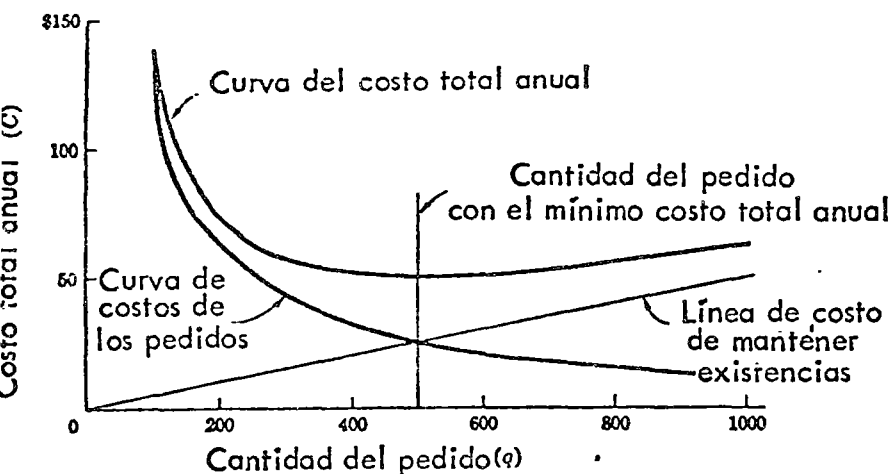


FIG. 5.1. Determinación del lote de magnitud económica a adquirir, para el ejemplo 1.

Por la Figura 5.1 se puede ver que la cantidad del pedido con costo mínimo se encuentra en un sector de la curva del costo total que es relativamente horizontal. En realidad, el costo anual variable, a 400 unidades por pedido, es de \$ 51.25; a 500 unidades, es de \$ 50.00; a 600 unidades, es de 50.83; y a 700 unidades, es de \$ 52.86. (Estas soluciones hacen caso omiso de los costos unitarios). De esto puede verse que un aumento del 40 por ciento por encima de la cantidad de pedido con el costo total mínimo anual tiene como resultado un muy ligero aumento del costo total (5.72 por ciento).

5.3. Determinación del lote de magnitud económica cuando la reposición tiene lugar en un período finito de tiempo

Si en la sección anterior hubiésemos dado por supuestas condiciones ideales, a saber: un ritmo constante en la utilización,

existencias iguales a cero en cada uno de los puntos de reposición, y reposición instantánea, tendríamos una curva de existencias como la que se ve en la Figura 5.2

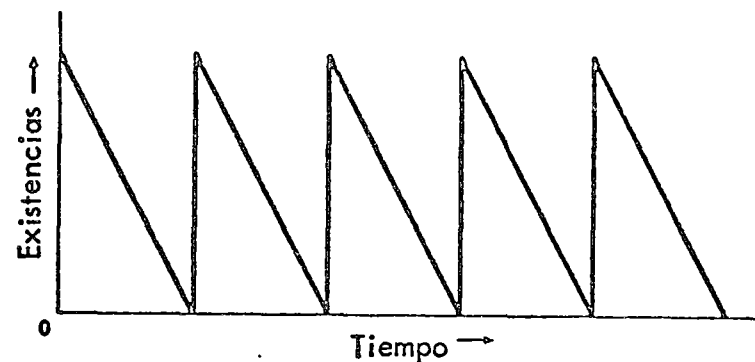


FIG. 5.2. Existencias bajo utilización constante y reposición instantánea.

Por otra parte, si damos también por supuestas las condiciones arriba mencionadas, con la sola diferencia de que sustituimos la reposición instantánea cambiándola a reposición una vez transcurrido un período finito de tiempo, obtenemos una situación similar a la que viene reflejada en la Figura 5.3.

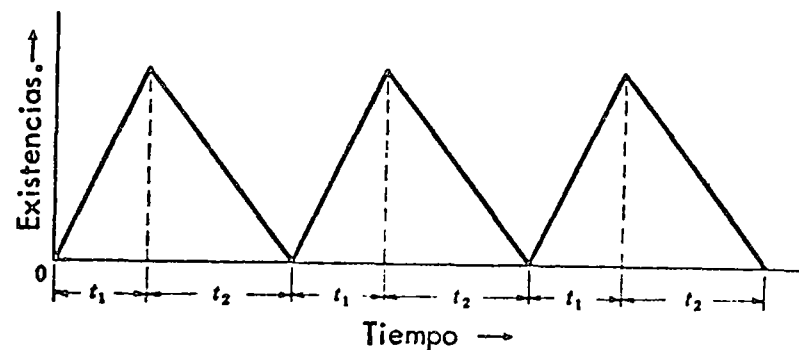


FIG. 5.3. Existencias bajo utilización constante y reposición en un período finito de tiempo.

En este caso, la reposición de existencias se produce al transcurrir el período t_1 de cada ciclo, y la utilización de aquellas tiene lugar durante $t_1 + t_2$ o sea el ciclo entero. Esto tiene como efecto aumentar la magnitud del lote económico, puesto

que la cantidad promedio en existencias ya no es q , sino algo menos que q_m .

Si a la definición dada para el lote de magnitud económica con reposición instantánea le añadimos otras más, podemos llegar a una expresión que corresponda a un lote de magnitud económica con reposición al cabo de un período finito de tiempo. Las definiciones que se necesitan son:

p = índice anual de producción.

q_m = magnitud económica del lote fabricado.

Refiriéndonos a la Figura 5.3, durante t_1 las existencias van en aumento al ritmo diario de $(p - s)/250$. (Esto da por sentado que t_1 viene indicado en días). Las existencias máximas serán $(t_1)(p - s)/250$, y las existencias promedio serán $(t_1/2)(p - s)/250$. Pero t_1 es igual a la magnitud económica del lote, q_m , dividida por el ritmo de producción p . Así pues, $t_1 = 250q_m/p$. Si en la expresión anterior sustituimos t_1 poniendo en su lugar el valor que acabamos de mencionar, obtendremos, para el promedio de existencias un valor de

$$\left(\frac{250q_m}{2p}\right)\frac{(p-s)}{250} = \frac{q_m\left(1 - \frac{s}{p}\right)}{2}$$

Siguiendo el mismo razonamiento que empleamos para lograr la Ecuación (5.1), obtenemos la Ecuación (5.3):

$$C = \frac{As}{q_m} + sc + \frac{iq_m\left(1 - \frac{s}{p}\right)}{2} \quad (5.3)$$

y, empleando el cálculo, podemos obtener una expresión de q_m (magnitud económica del lote o partida a fabricar). Esta expresión es

$$q_m = \sqrt{\frac{2As}{i\left(1 - \frac{s}{p}\right)}} \quad (5.4)$$

5.3.1. Determinación del lote a fabricar de magnitud económica correspondiente al Ejemplo 1

Si el componente del Ejemplo 1 se produjese en nuestra propia fábrica con un costo de montaje de las máquinas de \$8.33, una utilización anual de 1500 unidades y un costo anual de alma-

cenamiento de \$0.10 por unidad, con un índice de producción anual de 12,000 unidades, podríamos obtener la magnitud económica del lote. Obsérvese que estos valores son los mismos que empleamos con anterioridad, con la sola diferencia de que se le ha añadido el índice anual de producción. El lote a fabricar de magnitud económica es:

$$q_m = \sqrt{\frac{2(\$8.33)(1500)}{\$0.10\left(1 - \frac{1500}{12,000}\right)}} = 535 \text{ unidades.}$$

El hecho de que las existencias se acumulen en un período de tiempo, en lugar de hacerlo instantáneamente, tiene como resultado una magnitud mayor del lote económico.

5.4. Diferencias entre reposición instantánea y reposición en un período finito de tiempo

Examinaremos aún más los ejemplos arriba expuestos. Si es tuviéramos trabajando en condiciones de reposición instantánea colocaríamos tres pedidos al año. De igual manera, habría $\frac{1500}{3}$ o sea 2.8 pedidos al año, si la reposición procediese de una fuente que produjese al ritmo de 12,000 unidades al año. La circunstancia de reposición instantánea se da si el material se compra en lotes o partidas, o si el índice de producción es suficientemente más alto que el índice de ventas, para que el factor s/p tienda a reducirse a cero. El índice de producción de la fábrica del proveedor no tiene nada que ver con la determinación de los lotes de magnitud económica, a menos que dicho índice o ritmo sea tal que el material no se reciba en entregas tan grandes como el lote de magnitud económica a adquirir. Bajo la reposición instantánea, las existencias máximas son de 500 unidades, y las existencias promedio son de 250 unidades. Cuando la reposición procede de una fuente que produce 12,000 unidades al año, las existencias máximas son:

$$535\left(1 - \frac{1500}{12,000}\right)$$

o sea 468 unidades, y las existencias promedio son de 234 unidades. Por lo tanto, hasta con un lote de mayor magnitud las existencias promedio son menos cuando la reposición se hace en un período finito de tiempo.

Las existencias máximas con reposición instantánea son q_0 y las existencias promedio son $q_0/2$. Si la reposición de existencias viene de una producción en un periodo finito de tiempo, las existencias máximas son $q_m \left(1 - \frac{s}{p}\right)$ y las existencias promedio son $\frac{q_m \left(1 - \frac{s}{p}\right)}{2}$.

El número, n , de pedidos por año es $\frac{s}{q}$ o $\sqrt{\frac{si}{2A}}$ si la reposición de existencias es instantánea, y $\sqrt{\frac{si \left(1 - \frac{s}{p}\right)}{2A}}$ si la reposición de existencias se produce en un período finito de tiempo.

Si examinamos la Ecuación (5.4) vemos que, a medida que s va aproximándose a p , la magnitud del lote va haciéndose muy grande. Esto parece natural puesto que, si la cantidad producida es solamente ligeramente mayor que la cantidad utilizada, las existencias irán acumulándose muy poco a poco. Por otra parte, si p pasa a ser muy grande comparado con s , la Ecuación (5.4) se aproxima a la Ecuación (5.2). Por consiguiente, se puede decir que, si el índice de producción es muy grande comparado con el índice de ventas o de la demanda, la magnitud económica del lote va convirtiéndose en la misma que para la reposición instantánea. También, si el índice de producción es igual al índice de las ventas, el nivel más económico de producción es la producción continua.

5.5. Cambio en los períodos de tiempo

En los ejemplos que acabamos de dar, en los que se emplean las Ecuaciones (5.3) y (5.4), el período de tiempo que utilizamos fue de un año. Esta limitación no es necesaria cuando nos valemos de la Ecuación (5.2) por mientras tengamos s e i correspondientes a un mismo período de tiempo. Esta misma condición reza para la Ecuación (5.4), aunque en ésta se hace también necesario que los valores de s y p que se utilicen en la razón s/p correspondan a un mismo período de tiempo; sin embargo, no necesitan ser para el mismo período de tiempo que s e i arriba mencionados. Esta variación de los intervalos de tiempo puede ilustrarse partiendo de los ejemplos anteriores. Cuando utilizamos la Ecuación (5.2) pudimos haber empleado s e i correspondientes a un mes

en lugar de un año. Entonces s hubiese sido $\frac{125}{12}$, o sea 125, e i hubiese sido $\$0.10/12$, o sea $\$0.00833$ al mes. Cuando se emplean estos valores

$$q_0 = \sqrt{\frac{2(8.33)125}{0.00833}}$$

o sea, 500 unidades. Si utilizamos estos valores de s e i , y en la razón s/p empleamos s y p como unidades por día obtenemos

$$q_m = \sqrt{\frac{2(8.33)(125)}{0.00833 \left(1 - \frac{6}{48}\right)}}$$

o sea 535 unidades.

5.6. Evaluación de los efectos de los cambios en los elementos del costo

Un cambio de A en (5.2) afecta a la cantidad del costo mínimo anual total de los pedidos en $\sqrt{A_1/A_0}$, en cuya expresión A_1 es el

TABLA 5.1. Efectos que los cambios en los elementos del costo surten en la cantidad de pedido con el mínimo costo total anual.

	Factor	Sentido del cambio	Magnitud del cambio en q	Sentido del cambio en q
$q_0 = \sqrt{\frac{2As}{i}}$	s	+	$\sqrt{\frac{s_1}{s_0}}$	+
	s	-		-
	A	+	$\sqrt{\frac{A_1}{A_0}}$	+
	A	-		-
$q_m = \sqrt{\frac{2As}{i \left(1 - \frac{s}{p}\right)}}$	i	+	$\sqrt{\frac{i_0}{i_1}}$	-
	i	-		+
	s	+	$\sqrt{\frac{s_1 \left(1 - \frac{s_0}{p}\right)}{s_0 \left(1 - \frac{s_1}{p}\right)}}$	+
	s	-		-
	A	+	$\sqrt{\frac{A_1}{A_0}}$	+
	A	-		-
	i	+	$\sqrt{\frac{i_0}{i_1}}$	-
	i	-		+
p	p	+	$\sqrt{\frac{1 - \frac{s}{p_0}}{1 - \frac{s}{p_1}}}$	-
	p	-		+

costo del pedido nuevo y A_0 el costo del pedido original. Este mismo tipo de relación existe para los cambios de s . Si hay un cambio de i , el cambio en la cantidad del pedido está en relación inversa con el cambio de i , y la magnitud del cambio de q_0 es $\sqrt{i_0/i_1}$. Partiendo de esto podemos llegar a las conclusiones generales que se dan en la Tabla 5.1.

5.7. Determinaciones del costo mínimo para más de un producto

Cuando son varios los productos que han de hacerse con el mismo equipo o la misma línea de producción, puede que no sea posible programar la cantidad mínima total anual a pedir de cada producto sin tropezarse con extensas complicaciones o unas existencias excesivas. Esta situación puede surgir y se espera que surja cuando las cantidades de pedido de los diversos productos con el costo mínimo total anual sirvan para atender la demanda correspondiente a un número desigual de días. La solución a estos problemas no es más que una ampliación de la que corresponde a cuando se examina solamente la producción de un producto. Con una ligera modificación llegamos a una expresión correspondiente a la fracción de la demanda anual de cada producto más bien que a la cantidad de cada producto que haya de producirse.

La expresión apropiada para la fracción de la demanda anual que ha de producirse en un lote o partida es

$$f_s = \sqrt{\frac{2 \sum A_k}{\sum s_k i_k \left(1 - \frac{s_k}{p_k}\right)}} \quad (5.5)$$

En la Ecuación (5.5) las definiciones de A , s , i y p son las mismas que las que hemos empleado en la Sección 5.3 y el subíndice se refiere al producto de orden k . La conversión de la fracción de la demanda anual a la cantidad que haya de producirse en un lote se lleva a cabo fácilmente y es igual a s/f_s .

El mejor método para la solución de la Ecuación (5.5) es emplear una forma tabular, como la de la Tabla 5.2. La fracción de la demanda anual f_s , de la Tabla 5.2 es 0.0557. Las conversiones a cantidades aparecen hechas en la Tabla 5.3. El número de días de producción por ciclo aparece también indicado en la Tabla 5.3. Estos valores se obtienen multiplicando las unidades de cada ciclo por los días de producción que hay en cada año y dividiendo este producto por las unidades que pueden producirse en un año

TABLA 5.2. Determinación de las cantidades de varios productos con costo mínimo total anual.

Ejemplo	Índice de ventas (unidades/año)	Índice de producción (unidades/año)	Costo de mantener existencias (dólares/unidad/año)	Costo de montaje (dólares)	$\left(1 - \frac{s_k}{p_k}\right)$	$s_{k1} \left(1 - \frac{s_k}{p_k}\right)$
1	1500	12,000	\$ 5.00	\$ 9.00	0.8750	6,562.50
2	1131	5,000	10.80	21.00	0.7732	9,469.54
3	2016	6,667	7.50	16.50	0.6976	10,547.71
4	2716	8,000	6.75	13.50	0.6305	12,108.95
				\$60.00		38,688.70

o TABLA 5.3. Unidades por ciclo y días por ciclo de cada uno de varios productos.

Ejemplo	Unidades por Ciclo	Días por Ciclo
1	84	174
2	64	316
3	11	421
4	151	473
		1184

Si se intenta una solución utilizando la magnitud económica del lote de cada uno de los productos, obtendremos los resultados que se ven en la Tabla 5.4.

TABLA 5.4. Lotes de magnitud económica de cada uno de varios productos.

Ejemplo	Lote de Magnitud Económica	Días de Producción por Lote	Días de Venta por Lote	Lotes por Año.
1	78.6	1.64	13.1	19.1
2	75.5	3.78	16.6	15.1
3	112.8	4.25	14.0	17.9
4	128.1	1.01	11.8	21.2
		13.66		

Una mirada a la columna intitulada "Días de Venta por Lote", de la Tabla 5.4., nos indica que para programar los cuatro productos se ha de llegar a una transacción. Obsérvese que el lote económico del producto del Ejemplo 4 no durará más que 11,8 días, mientras que un lote económico del producto del Ejemplo 2 durará 16.6 días.

El costo anual total correspondiente a la solución combinada sobrepasa en una cantidad muy pequeña a los de las soluciones separadas. Por lo tanto, por una economía muy pequeña, eludimos el problema de intentar programar cada producto de acuerdo con su propia magnitud económica de lote. Además, probablemente esa imposible programar la producción en lotes de magnitud económica tales que se consiga algo más que una pequeña parte de esta diferencia. En realidad, esta programación puede dar como resultado un costo anual más elevado, debido al mayor planeamiento que exige y, posiblemente, a unas existencias mayores.

Hay otros dos comentarios más que hemos de hacer respecto al método arriba indicado para resolver el número económico de

lotes para varios productos; primero, cuanto más se aparte el número de lotes de cada producto por año respecto al número de lotes por año de acuerdo con la solución combinada, tanto mayor es el costo que se le añade; segundo, en algunos casos puede que sea posible programar un número desigual de lotes de algunos de los productos, para así disminuir el costo total, si hay una gran diferencia entre el número de lotes dado por la solución combinada y el número de lotes dados por las soluciones de cada una de las magnitudes económicas de los mismos. Por ejemplo; si el producto x tiene una magnitud económica del lote a fabricar que viene siendo aproximadamente el doble que la de los productos u , v y w , entonces deberemos programar dos lotes de u , v y w por cada lote del producto x . Este arreglo probablemente demuestre ser el más económico.

5.8. Tablas de pedidos y gráficas de pedidos

Es posible establecer tablas de pedidos y gráficas de pedidos (diagramas de alineamiento) para utilizarlas en la determinación de los lotes de magnitud económica. Estas tablas y gráficas pueden constituirse siguiendo cierto número de formas diferentes, según sea la manera que se haya escogido para utilizarlas.

El examen de la Ecuación (5.2) indica que q_0 depende de otros tres factores: A , s e i . Estos factores pueden variar de un producto a otro. Sin embargo, la tabla sólo puede acomodar dos variables y un factor fijo. Podemos hacer todo un juego de tablas para que así se embarque toda la escala de valores que podemos esperar ver para A , s e i . Tendremos el número mínimo de tablas si, como partida fija para construirlas, escogemos el factor con el menor número de valores diferentes.

5.8.1. Tabla de magnitud de los lotes para pedidos de compra para A y s variables con i fijo

Con fines de ilustración, en la Tabla 5.5 presentamos una tabla de pedidos para $i = \$1.00$. En la Tabla 5.5 el costo del pedido, A , varía de \$2.00 a \$8.00 en incrementos sucesivos de un dólar. La utilización anual (demanda), s , varía de 1200 unidades a 7200 unidades en incrementos de 1200 de ellas. Las mismas magnitudes de pedido son valederas tanto si i como s son para un año como si son para un mes, etc. Los factores multiplicadores que se han empleado para construir la tabla aparecen indicados

TABLA 5.5. Tabla de pedidos para $i = \$ 1.00$.

i	s						$\sqrt{2.17 i}$
	1200	2400	3600	4800	6000	7200	
2	69	98	120	139	155	170	2.000
3	85	120	147	170	190	208	2.449
4	98	139	170	196	219	240	2.828
5	110	155	190	219	245	268	3.162
6	120	170	208	240	268	294	3.464
7	150	183	225	259	290	318	3.742
8	138	196	240	277	310	339	4.000
\sqrt{s}	31.64	48.99	60.00	69.28	77.46	84.85	

en el renglón inferior y en la columna de la derecha. Por ejemplo, el lote de magnitud, económica a adquirir cuando $A = \$5.00$, $s = 4800$ unidades e $i = \$1.00$ es de 219 unidades. Este valor 219 es igual al producto de 3.162 y 69.28 o sean los factores multiplicadores del renglón y la columna, respectivamente. Para utilizar la tabla, escogemos el renglón en que aparecen el valor dado de A y la columna del valor dado de s , y la magnitud económica del lote a adquirir la hallamos en la intersección del renglón y la columna así escogidos.

5.8.2. Tabla de magnitud de los lotes para pedidos de fabricación, para A , y s variables con p e i fijos

Si queremos una tabla que nos dé las magnitudes de los lotes a fabricar debemos tomar en cuenta el índice de producción.

TABLA 5.6. Tabla de pedidos para $i = \$ 1.00$ y $p = 12,000$ unidades por año.

A	s						$\sqrt{2.17 i}$
	1200	2400	3600	4800	6000	7200	
20	231	346	454	566	693	849	6.324
30	283	424	555	693	848	1039	7.746
40	327	490	641	800	980	1200	8.944
50	365	548	717	894	1095	1342	10.000
60	400	600	786	980	1200	1470	10.954
70	432	648	849	1058	1296	1588	11.832
80	462	693	907	1131	1386	1697	12.649
$\sqrt{\frac{ps}{p-s}}$	36.52	51.77	71.71	89.44	109.51	134.16	

Ahora bien, para abarcar todas las posibilidades necesitamos contar con un juego de tablas para los distintos valores de i y también para los diferentes valores de p . Esto quiere decir que necesitaremos un conjunto de tablas que, en su número, sea igual al producto del número de valores de i multiplicado por el número de valores de p . En la Tabla 5.6 tenemos una de pedidos para cuando $i = \$1.00$, $p = 12,000$ unidades y en la que A toma valores dentro de la escala de \$20.00 hasta \$80.00 en incrementos de \$10, y s varía de 1200 unidades a 7200 unidades, en incrementos de 1200 de ellas. El factor multiplicador del último renglón toma en cuenta

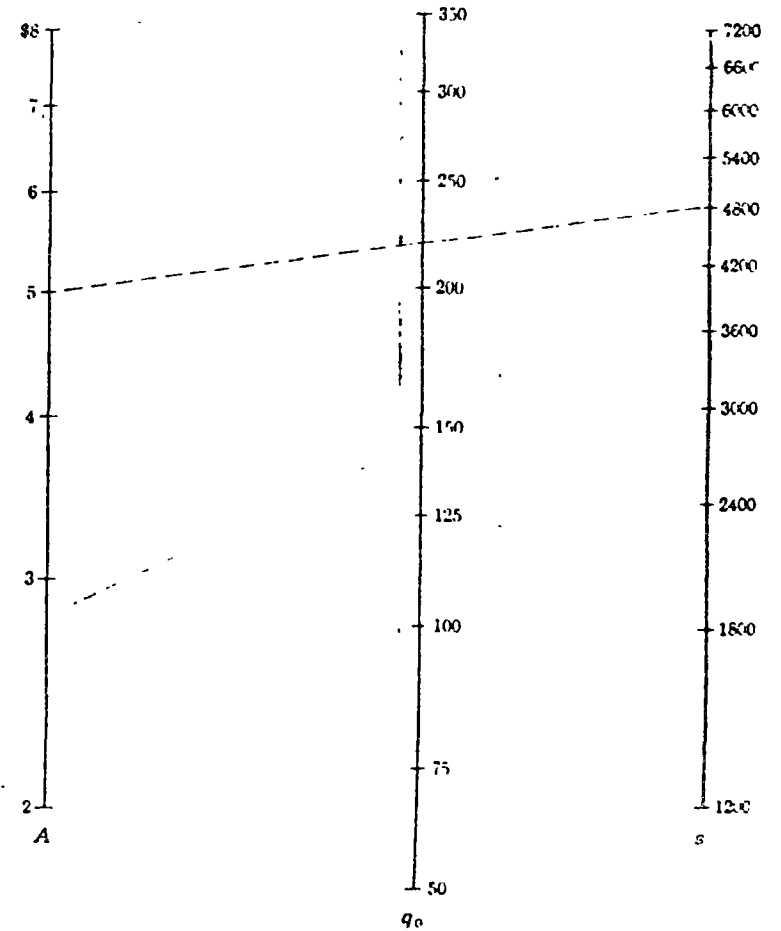


FIG. 5.4. Gráfica de alineamiento para $i = \$ 1.00$

el índice de producción y se le emplea de la misma forma que en la Tabla 5.5.

583. Gráfica para la magnitud de los lotes para pedidos de compra, para A , y s variables con i fijo

En la Fig. 5.4 se ve una gráfica de pedidos para la Tabla 5.5. Para utilizar la Fig. 5.4, tiéndase de un lado a otro de la gráfica una regla graduada cuyo borde una los valores deseados de A y de s , y léase q_0 en el punto en que la regla cruce la escala de q_0 . La línea de trazos de la Fig. 5.4 indica que $q_0 = 219$ cuando $A = \$5.00$ y $s = 4800$ unidades. Obsérvese que las escalas de la Fig. 5.4 son logarítmicas.

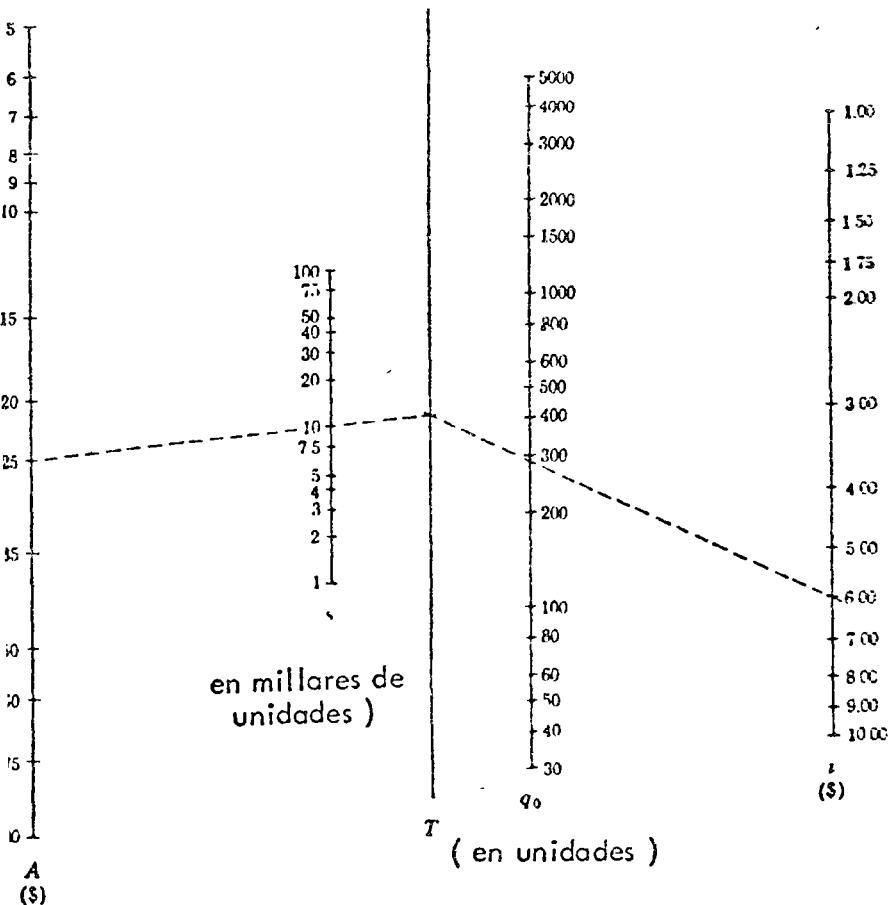


FIG. 5.5. Gráfica de alineamiento para los variables A , s e i .

584. Gráfica de magnitud de los lotes para pedidos de compra para A , s e i variables

La gráfica para pedidos es más versátil que la tabla. Se puede hacer una sola gráfica que abarque una escala de valores para diversas variables. En la Fig. 5.5 la gráfica comprende una amplia escala de valores de A , s , e i . A medida que se aumenta la escala de valores, es forzoso que disminuya la exactitud en la determinación de la magnitud del lote, a menos que el tamaño material de la gráfica aumente proporcionalmente. De todos modos, la parte plana de la curva del costo total, cerca de la magnitud económica del lote, tiende a reducir el error monetario en el caso en que nos hallemos ligeramente apartados de la magnitud exactamente económica del pedido.

Es posible hacer una gráfica de pedidos para magnitudes de lotes a fabricar, para escalas de las variables A , s , i y p . Esta gráfica será más compleja que la Fig. 5.5 pero, si se la emplea con frecuencia, pronto se habrá pagado a sí misma. En lugar de calcular el lote de magnitud económica de cada producto, construimos la gráfica que, a la larga, habrá de rebajar los costos inherentes al cálculo.

5.9. Resumen

Los costos que se han de utilizar para determinar la cantidad anual del costo total mínimo de los pedidos serán los que vengan directamente afectados por el plan. Estos costos incluyen los que van asociados al dinero invertido en existencias.

La magnitud económica del lote es una consideración de importancia a tener en cuenta cuando se compra y cuando se fabrica. Puesto que la magnitud económica del lote se encuentra en el sector en que la curva del costo total es relativamente plana, el error introducido por costos ligeramente inexactos y magnitudes económicas aproximadas de los lotes puede no ser demasiado grave.

6. Existencias y funciones de las existencias

6.1. Introducción

Las existencias pueden definirse diciendo que son los materiales que se tienen almacenados para su utilización o venta posteriores. Las existencias asumen la forma de: materias primas que se tienen para elaborarlas, artículos en curso de fabricación, y artículos acabados en espera de ser vendidos. Las existencias son esenciales para el debido funcionamiento de toda empresa fabril.

Las existencias de materias primas se guardan para su conversión posterior a artículos semiacabados o totalmente acabados. Tiene que haber existencias de materias primas debido a que, por lo general, no es económicamente factible comprar ni programar la entrega de materias primas a medida que se las va necesitando en el proceso de fabricación.

Puesto que la fabricación o elaboración siempre exige tiempo, siempre hay existencias constituidas por artículos en curso de fabricación. En algunas industrias las materias han de tratarse en partidas o cargas. En otras industrias la corriente de los materiales puede ser ininterrumpida y en ella el producto se encuentra, a un mismo tiempo, en varias fases de su terminación. En otros tipos más de fabricación, resulta deseable, por razones económicas, elaborar o programar los materiales por lotes.

La naturaleza del producto, la de la demanda del cliente y la del proceso de fabricación determinan, hasta un punto muy notable, la necesidad de contar con existencias de artículos acabados. Si el cliente está dispuesto a aguardar a que se fabrique

el producto (incluso el tiempo necesario para la adquisición de la materia prima), no hay necesidad de contar con existencias de artículos acabados. El cliente puede estar dispuesto a aguardar tratándose de determinados tipos de productos que han de fabricarse, pero también puede desear que los de otros tipos estén inmediatamente a su disposición en cuanto los pida.

Algunas veces la naturaleza del producto no permite tener grandes existencias de artículos acabados (a base del tiempo en que los artículos en existencia han de abastecer la demanda del cliente). Las frutas y hortalizas frescas y algunos otros alimentos tienen, por lo general, una vida en almacenamiento limitada, de manera que no resultan deseables las grandes existencias de estos artículos. Si la materia prima ha de tratarse por cargos o lotes, suele haber existencias de artículos acabados.

En la mayoría de las actividades fabriles hay otras existencias que no van a dar directamente al producto. Estas existencias integran el inventario de herramientas, suministros, equipo, etc.

Puesto que las existencias pueden asumir varias formas, la manera de llevarlas crea múltiples problemas. El objetivo del planeamiento y control de producción y existencias es encontrar solución a dichos problemas. Así pues, el control de producción se ocupa del planeamiento de las operaciones de producción y del movimiento y almacenamiento de artículos. Este planeamiento debe hacerse de manera que asegure el máximo rendimiento de la inversión hecha en materias primas, mano de obra, etc. Debido a la relación directa que existe entre niveles de existencias, programas de producción y demanda del cliente, el planeamiento y control de existencias debe integrarse con el pronóstico de la demanda, el planeamiento de la producción y el control de la misma.

6.2. Función de las existencias

Las existencias sirven para aislar al proveedor, del productor y el consumidor. Las existencias también permiten abastecerse de materias primas en lotes de magnitud económica, así como la elaboración de estas materias primas para su conversión en artículos acabados en las cantidades que resulten más económicas. Las existencias de materias primas aíslan a quien las provee de quien es su consumidor. Las existencias de artículos acabados aíslan al cliente del productor de artículos. Las existencias de artículos

en curso de elaboración aíslan a los departamentos que hay en la instalación fabril. En la fábrica en la que la materia prima se elabora en lotes, es obligado que haya algunas existencias de artículos semiacabados que se encuentran entre un departamento elaborador y el siguiente. Por ejemplo, una materia elaborada en el Departamento A sigue después su elaboración en el Departamento B. La producción del Departamento B es llevada al Departamento C para otra elaboración más. Supongamos ahora que, en el Departamento B, se produce una interrupción. Si no hay existencias entre un departamento y el siguiente, la producción del Departamento C viene directamente afectada por la demora habida en el Departamento B. De igual manera, cualquier dilación en el Departamento A afecta directamente la producción de los Departamentos B y C, a menos que entre cada par de departamentos haya algo de existencias. Inversamente, cuando hay existencias entre departamentos, las interrupciones limitadas de uno de ellos no afectarán en forma inmediata a los demás que haya en la fábrica. Una dilación en el Departamento A no afectará al Departamento C, sino hasta que se hayan agotado todas las existencias que haya entre uno y otro departamentos.

La explicación que antecede podría implicar que deben mantenerse grandes existencias entre departamentos de una misma fábrica, entre el proveedor y el productor y entre el productor y el consumidor. Desde el punto de vista de la economía, hay una magnitud óptima de existencias. Estas existencias deben ser los lotes de magnitud económica más un "amortiguador" o "cojín" de reserva de seguridad. Los materiales empleados en el curso normal del negocio serán los que se produzcan en lotes de magnitud económica. A esto se le llama, con frecuencia *partida cíclica*. El material que no se espera que haya de utilizarse en el curso normal del negocio es la reserva de seguridad. La reserva de seguridad se mantiene para utilizarla: cuando la demanda rebasa lo pronosticado, cuando la producción es menos de lo que se planeó o cuando los plazos de entrega de materias primas son más largos que lo normal.

6.3. Tipos de existencias

Entre el proveedor y el fabricante hay existencias para: 1) el movimiento de las materias primas, 2) el aislamiento de proveedor y fabricante, y 3) la compra y fabricación de artículos en cantidades económicas.

Generalmente las existencias de artículos acabados se mantienen por tres motivos: 1) hacer posible la fabricación de artículos en cantidades económicas (consideradas por lo general como existencias de la magnitud de un lote), (2) atender la demanda o ventas futuras (existencias anticipadas), y 3) servir de cojín contra las fluctuaciones de la demanda real respecto a la demanda pronosticada (reserva de fluctuación o seguridad).

Los movimientos de existencias surgen debido: al tiempo que transcurre entre operaciones sucesivas, al tiempo de espera para la compra de materiales, o al tiempo de espera para que el material llegue del punto de su fabricación al punto de distribución. Estos movimientos no crean de por sí grandes problemas, siempre que se conozca la duración del tiempo de espera. Si una empresa puede conseguir materias primas exactamente en dos semanas, entonces sus pedidos llevarán siempre una anticipación de igual tiempo respecto al momento en que la materia prima se necesite en la fábrica. Por otra parte, si el tiempo para el abastecimiento varía irregularmente entre una y tres semanas, entonces se ha de dar a cada pedido un margen de más de dos semanas de tiempo de espera. Esto quiere decir que, según sea el tiempo real dejado como margen para el abastecimiento, deberá haber en existencia en la fábrica una cantidad de materia prima mayor que la que antes se necesitaba cuando el tiempo de espera era constante, pues, en otro caso, la empresa se arriesga a tener que cesar en sus actividades debido a la falta de materias primas. Por lo tanto, tal como lo dijimos más arriba, el tiempo de espera para el abastecimiento de materiales no crea problema alguno si se conoce exactamente la duración de este plazo.

Las existencias anticipadas se mantienen para hacer frente a la demanda pronosticada conocida. Se pueden acumular existencias anticipadas para atender la demanda calculada de antemano, dimanante de una campaña intensificada de ventas, o la del momento de más auge de la temporada, o bien para mantener la marcha de la empresa durante un período de vacaciones. Puesto que, tanto la cantidad como el tiempo de la demanda son, presumiblemente, conocidos, las existencias anticipadas no suelen crear graves problemas de planteamiento.

Las reservas de seguridad se mantienen para hacer frente a variaciones impredecibles de la demanda. Cubren una necesidad que se deriva de la variación de la demanda real respecto a la pronosticada, de la discrepancia entre la producción real y la que se tiene planeada, y de las variaciones en los plazos de espera.

6.4. Dos tipos fundamentales de sistemas de existencias

Hay dos tipos fundamentales de sistemas de control de existencias; todos los demás son variantes de ellos. El primero de estos sistemas, que vamos a exponer, es el sistema de existencias por pedidos de magnitud fija. El segundo es el sistema por pedidos a intervalos fijos. Cuando se examinan los sistemas de existencias es muy importante que se establezca la distinción que acabamos de hacer. En el primer caso se pide una cantidad fija a intervalos iguales o variables. En el segundo caso se pide una cantidad variable a intervalos fijos.

En la situación ideal, el sistema por pedidos de magnitud fija funciona como sigue: se pide una cantidad fija del material cada vez que las existencias que se tienen a mano descienden a cero. Con reposición instantánea y tiempo de espera igual a cero, el pedido se recibe al mismo tiempo que se le coloca. La cantidad del pedido (existencia) se utiliza a un ritmo constante y, cuando llega otra vez a cero, se coloca un nuevo pedido. En realidad, bajo estas condiciones, los dos sistemas fundamentales son idénticos. El funcionamiento bajo condiciones ideales viene representado gráficamente en la Fig. 6.1.

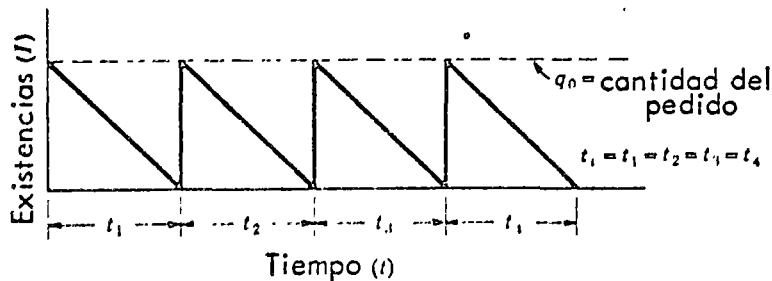


Fig. 6.1. Sistemas fundamentales de control de existencias bajo condiciones ideales.

En estos momentos ha de ser evidente, de por sí, que la cantidad del pedido, q_0 , es también la magnitud económica del lote a adquirir. En realidad la del lote de magnitud económica a comprar o fabricar deberá constituir la base para determinar ya sea la magnitud del pedido, o el intervalo entre pedidos.

Las desviaciones respecto a las condiciones ideales tienen como resultado los dos sistemas fundamentales de existencias. Una variante muy sencilla del sistema de control de existencias por pedidos de magnitud fija recibe vulgarmente la denominación de sistema "los dos recipientes".

6.4.1. Sistema de existencias por pedidos de magnitud fija, aplicado al ejemplo 1

Para ilustrar los dos sistemas fundamentales emplearemos la ilustración que antes hemos presentado para el Ejemplo 1. (Véase la Sección 5.2.1.) Determinamos ya, que el lote económico a comprar era de 500 unidades. Además, la demanda pronosticada fue de 1500 unidades al año. Supongamos que el tiempo de espera para el abastecimiento sea de un mes. Por lo tanto, si en un año hay 250 días laborables, la utilización diaria esperada es $\frac{1500}{250}$ o sean

6 unidades por día. Entonces 500 unidades ocuparán $\frac{500}{6}$, o sea

83.3 días. Supongamos, además, que hay disponible alguna reserva de seguridad. (La manera de calcular la reserva de seguridad aparecerá ilustrada más adelante de este capítulo.) Con un tiempo de espera de un mes (21 días), necesitamos renovar el pedido cuando haya en existencia 6 (21.83) o sean 131 unidades (por encima de la reserva de seguridad). Este valor recibe la denominación de punto de renovación de pedido.

Bajo el sistema de existencias por pedidos de magnitud fija, obraremos de la siguiente forma: supongamos que iniciamos las operaciones el primero de enero con 500 unidades, más nuestra

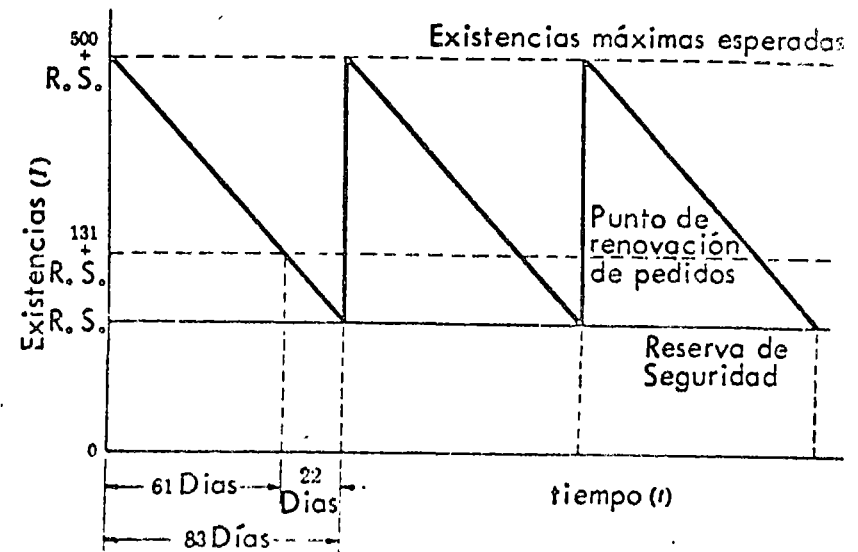


Fig. 6.2. Funcionamiento del sistema de existencias por pedidos de magnitud fija para un componente del producto del ejemplo 1

reserva de seguridad. Se lleva cuenta de las existencias y cuando las mismas se han reducido a 131 unidades, por encima de nuestra reserva de seguridad, colocamos un pedido por 500 unidades. Bajo una utilización constantemente igual este pedido deberá llegarnos cuando las existencias que tengamos a mano alcancen a ser del nivel de la reserva de seguridad. Cuando hemos rehecho nuestras existencias, volvemos a tener 500 unidades, más la reserva de seguridad. El ciclo va repitiéndose. Esto es lo que aparece ilustrado en la Fig. 6.2.

6.4.2. Sistema de existencias por pedidos a intervalos fijos, aplicado al ejemplo 1

Para poner de relieve las diferencias entre los dos sistemas, examinaremos el sistema de existencias por pedidos a intervalos fijos cuando renovamos los pedidos cada 83 días. En 83 días, la utilización esperada del material es $83(6)$ o sean 498 unidades. Renovaremos el pedido 22 días antes del momento en que se espera que las existencias habrán de llegar al nivel de la reserva de seguridad, o sea 61, después de que hayamos colocado el pedido. La cantidad pedida será la diferencia entre 500 más la reserva de seguridad, y la cantidad que se tenga a mano en el punto de renovación del pedido más una cantidad que se tenga a mano

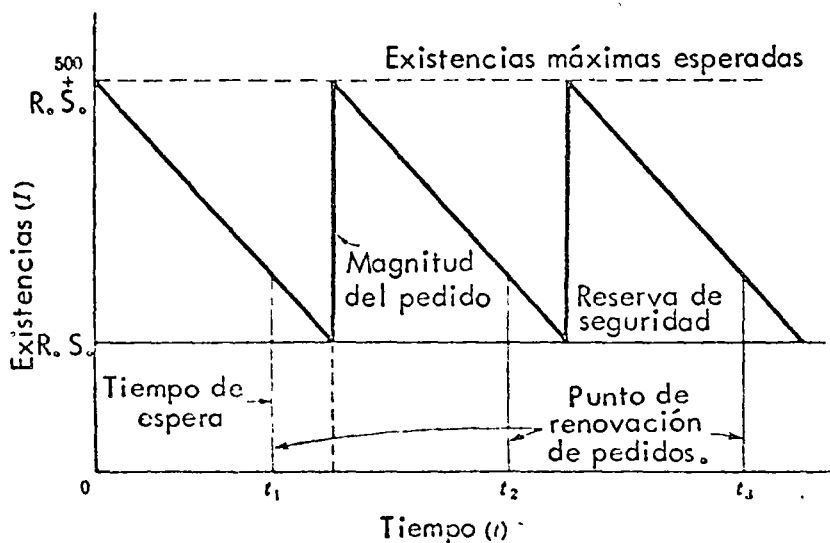


FIG. 6.3. Funcionamiento del sistema de existencias por pedidos a intervalos fijos, respecto a un componente del producto del ejemplo 1

en el punto de renovación del pedido más una cantidad que haya de bastar para el tiempo de espera [$500 + \text{Reserva de Seguridad} - \text{Existencia a mano} + 6(22)$]. En este caso, las cantidades de los pedidos variarán, pero el tiempo entre dos pedidos será constante. Si damos por sentado que el día 1 de enero tenemos a mano 500 unidades más la reserva de seguridad, podremos representar el sistema de existencias para pedidos a intervalos fijos con la Fig. 6.3. En esta Fig. 6.3., $t_2 - t_1 = t_3 - t_2$, pero las existencias máximas variarán según la utilización que se haga de las mismas. También la magnitud del pedido variará de acuerdo con la cantidad utilizada en cualquier intervalo determinado entre pedidos.

6.4.3. Reglas para la renovación de pedidos

Las reglas para la renovación de pedidos pueden expresarse como sigue:

1. *Regla de renovación de pedidos para los de magnitud fija.* Renuévase el pedido por una cantidad fija cada vez que las existencias lleguen a un punto tal que la cantidad de ellas que se tenga a mano, más los pedidos colocados pero aún no recibidos, sea igual al uso esperado durante el tiempo de espera más la reserva de seguridad.
2. *Regla para renovación de pedidos para los colocados a intervalos fijos.* Renuévase el pedido por una cantidad igual a la diferencia entre la cantidad que se tenga a mano y las existencias máximas deseadas más las que deban usarse durante el tiempo de espera, restándole los pedidos colocados pero aún no recibidos en las fechas fijadas para su colocación.

El sistema de control de existencias por pedidos de magnitud fija exige que en todo momento se conozca la cantidad de reservas o existencias que se tengan a mano. Exige que la persona o personas responsables de las existencias sepan cuál es el punto de renovación del pedido correspondiente a cada uno de los artículos que han de tenerse en existencia. El sistema de control de existencias por pedidos a intervalos fijos exige que se conozca la cantidad de reservas o existencias en los puntos fijos para la renovación de pedidos. Exige además que la persona o personas responsables de las existencias conozcan el máximo deseado de las mismas y la utilización que habrá de hacerse de ellas durante el tiempo de espera.

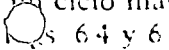
6.5. Reserva de seguridad

Las reservas de seguridad o para fluctuaciones se mantienen para hacer frente a las discrepancias entre la demanda real y la pronosticada, entre la producción real y la pronosticada, y en los tiempos reales de espera y los que se tenían previstos. Los niveles de la reserva de seguridad deben establecerse de manera que proporcionen una protección económica contra quedarse sin existencias. Así pues, es necesario conocer: el nivel deseado de servicio al cliente, la distribución de las variaciones de la demanda, la distribución de las variaciones de la producción, y la distribución de las variaciones de los tiempos de espera para entrega.

El nivel del servicio para el cliente es difícil de determinar. Se le puede expresar en diversas formas, tales como: número de veces que quedamos sin existencias; número de unidades de los pedidos pendientes; número de pedidos atrasados de clientes, etc. Para que tengan valor, estas medidas del servicio a los clientes han de expresarse en función del tiempo. Un nivel apropiado de servicio al cliente podría ser el que permitiese renovar pedidos pendientes una vez al año.

La distribución de las discrepancias de la demanda real respecto a la demanda pronosticada puede hacerse utilizando los registros de ventas. Los registros de producción pueden proporcionar la información necesaria para la distribución de las variaciones o discrepancias entre la producción real y la que se había planeado. También los registros y libros de la empresa dan datos disponibles para determinar la distribución de las variaciones de los tiempos de espera. En las explicaciones que siguen acerca de la reserva de seguridad no utilizaremos más que una de las distribuciones: la de las variaciones de la demanda.

6.5.1. Reserva de seguridad en el sistema de existencias por pedidos de magnitud fija

La cantidad de la reserva de seguridad necesaria depende no sólo del nivel de servicio, sino también del tipo del sistema de existencias. En el sistema de control de existencias por pedidos de magnitud fija, la reserva de seguridad necesita dar protección solamente por durante el tiempo de espera, mientras que, en el sistema de control de existencias por pedidos a intervalos fijos, dicha reserva debe dar protección contra quedar sin existencias durante todo un ciclo más el tiempo de espera. Esto aparece ilustrado en los  6.4 y 6.5

En la Fig. 6.4 y en circunstancias normales y esperadas, hacemos un pedido de una cantidad fija de material cuando las existencias llegan al punto A. Si, durante el tiempo de espera, la

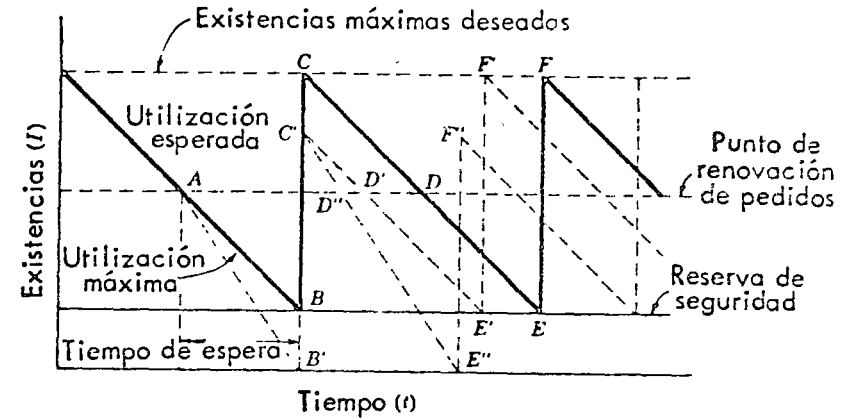


FIG. 6.4. Reserva de seguridad en el sistema de control de existencias por pedidos de magnitud fija.

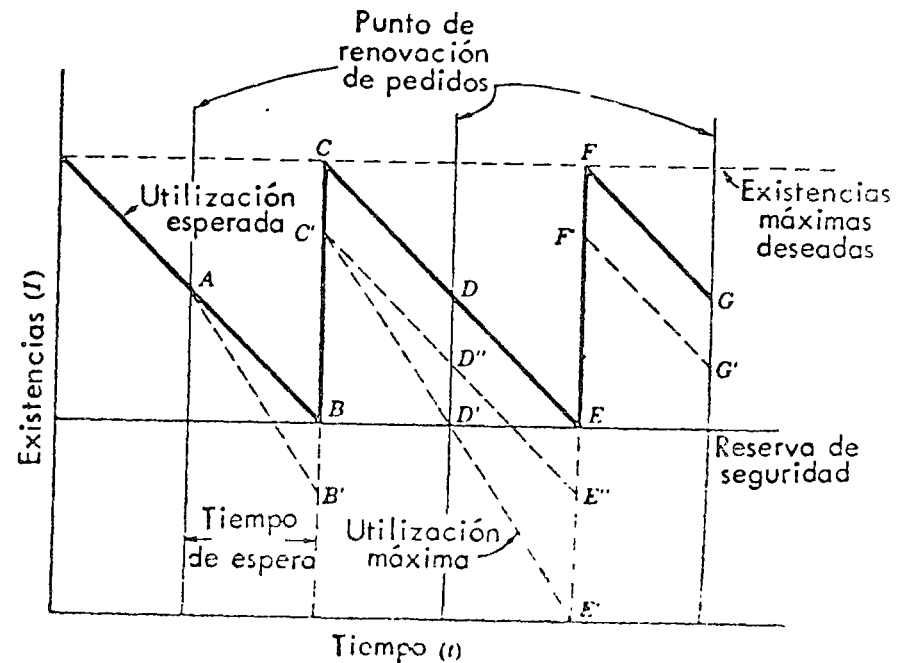


FIG. 6.5. Reserva de seguridad en el sistema de control de existencias por pedidos a intervalos fijos.

utilización de materiales es la normal, y sigue siéndolo, la curva de las existencias seguirá la línea continua (*A, B, C, D, E, y F*). Sin embargo, si a partir del punto *A* el empleo se encuentra en su máximo esperado, nuestra curva de existencia seguirá la línea *A, B', C', D'', E'', y F''*. Obsérvese que, bajo las circunstancias de máxima utilización, hacemos pedidos con más frecuencia, pero que, para la utilización máxima, la reserva de seguridad no necesita proteger más que durante el tiempo de espera. Esto puede verse si se sigue el trazado *A, B', C', D', E', y F'*. En este caso, la máxima no se da más que durante *A B'*, y, después de un ciclo más, nos encontramos de nuevo en nuestra primera situación de existencias. En el sistema de control de existencias por pedidos de magnitud fija, la reserva de seguridad viene determinada por la diferencia entre la utilización máxima y la utilización prevista durante el tiempo de espera.*

6.5.2. Reserva de seguridad en el sistema de existencias por pedidos a intervalos fijos

En la Figura 6.5. la curva normal de las existencias viene indicado por *A, B, C, D, E, F, y G*. En los puntos *A, D, y G* se coloca un pedido. La cantidad pedida es igual a la cantidad máxima deseada de existencias, menos las que se tienen a mano, más la utilización prevista durante el tiempo de espera. Si el empleo máximo se produjera durante un período prolongado de tiempo (*A, a E'*), la curva de existencias sería *A, B', C', D', E', F' y G'*. Debido a que el intervalo entre pedidos es fijo, la reserva de seguridad tiene que cubrir el tiempo de espera y la curva es *A B' C' D'' E'' F G*. Por lo tanto, bajo el sistema de pedidos a intervalos fijos, la reserva de seguridad será mayor que llevada bajo un sistema de existencias por pedidos de magnitud fija.

6.5.3. Determinación de las cantidades de la reserva de seguridad

Valiéndonos de métodos estadísticos, nos es posible establecer niveles de la reserva de seguridad para que indiquen las probabilidades deseadas de quedar sin existencias durante cualquier período prolongado de tiempo. Estas probabilidades no son correctas más que con un gran número de exposiciones, y las experiencias a corto plazo pueden discrepar mucho de las probabilidades a largo plazo.

* La utilización máxima es la demanda en el nivel escogido para servir al cliente.

Para la determinación de la reserva de seguridad bajo el sistema de control de existencias por pedidos de magnitud fija debe minimizarse la siguiente ecuación del costo:

$$C = \frac{As}{q} + cs + \frac{iq}{2} + iz_r s_x \sqrt{t} \quad (6.1)$$

En cuya ecuación z_p = desviación estándar normal para dar la probabilidad deseada de quedar sin existencias cada vez que éstas llegan a un mínimo.

s_x = desviación estándar de las variaciones de la demanda.

t = tiempo de espera.

El sistema de existencias por pedidos a intervalos fijos, el tiempo de espera, t , de la Ecuación (6.1) viene sustituido por el tiempo de espera más el intervalo del pedido, y

$$C = \frac{As}{q} + cs + \frac{iq}{2} + iz_p s_x \sqrt{t+r} \quad (6.2)$$

en la que r = intervalo entre pedidos.

No es nada sencillo minimizar la Ecuación (6.1) ni la Ecuación (6.2) debido a que z_p guarda una relación funcional con la cantidad del pedido. A medida que aumenta la cantidad del pedido, disminuye el número de pedidos por, año y el nivel de la reserva de seguridad también disminuirá por mientras las probabilidades de quedarse sin existencias deban seguir siendo las mismas durante el año. Podemos determinar el nivel económico de la reserva de seguridad y la cantidad económica del pedido escogiendo ya sean magnitudes de lote o bien intervalos de pedido y calculando el costo total de lo que hayamos escogido, empleando para ello la Ecuación (6.1.) o la Ecuación (6.2).

Cuando usamos el sistema de existencias por pedidos de magnitud fija, podemos también obtener una solución económica aproximada hallando la magnitud económica del lote, prescindiendo de la reserva de seguridad, y estableciendo un nivel de ésta basándolo en la cantidad del pedido. En el sistema de existencias por pedidos a intervalos fijos, el nivel aproximado de la reserva de seguridad se basa en el intervalo entre pedidos sin tomar en consideración la reserva de seguridad

6.5.3.1. Solución aproximada para la reserva de seguridad del ejemplo 1 bajo el sistema de existencias por pedidos de magnitud fija. En el Ejemplo 1, la utilización anual es de 1500 unidades, la magnitud económica del lote es de 500 unidades, y la desviación estándar de la demanda es de 11 unidades. Si el tiempo de espera es de 10 días, el nivel de servicio al cliente ha de ser un período del año en el que nos quedamos sin existencias y, si damos por supuesto que el año tiene 240 días laborables, la reserva de seguridad será de 4 unidades. Esto se obtiene como sigue:

$$\text{Reserva de Seguridad} = (0.43) \left(\frac{11}{\sqrt{20}} \right) \sqrt{10}$$

El 0.43 es la desviación estándar normal para que dé una probabilidad de un tercio de quedar sin existencias justo antes de cada punto de renovación, la $\sqrt{20}$ convierte la desviación estándar de la demanda mensual a desviación estándar de la demanda diaria, y la $\sqrt{10}$ es la raíz cuadrada del tiempo de espera. Esta solución aproximada tiene un costo total variable anual de \$50.40. La solución exacta rebajará este costo en una cantidad muy pequeña.

6.5.3.2. Solución aproximada para la reserva de seguridad del ejemplo 1 bajo el sistema de existencias por pedidos a intervalos fijos. En la Sección 6.5.3.1. establezcimos ciertas condiciones correspondientes al Ejemplo 1. Si nos regimos por estas condiciones, la reserva de seguridad bajo el sistema de existencias por pedidos a intervalos fijos es de diez unidades. La raíz cuadrada del tiempo de espera se cambia a raíz cuadrada del tiempo de espera más el intervalo entre pedidos. En este caso, el intervalo entre pedidos es de 80 días. El costo anual variable total de esta solución es \$51.00, puesto que debemos mantener una mayor reserva de seguridad.

Hemos de recordar que los métodos arriba mencionados para calcular la reserva de seguridad se basan en varios supuestos: 1) De un período de ventas hasta el siguiente el nivel de la demanda es relativamente estable y constante, 2) la distribución de la demanda es conocida y se aproxima a la distribución normal, 3) se conocen los costos implicados que permanecieran relativamente constantes, y 4) el tiempo de espera es conocido y constante.

Si el tiempo de espera varía, añade un elemento más al cálculo de la reserva de seguridad. Necesitamos un margen para tiem-

pos de espera largos, así como para una demanda mayor. Sin embargo, el tiempo de espera no crea de por sí problemas graves por mientras sea conocido.

6.6. Sistemas de control de existencias cuando la demanda no es constante

Si la demanda no presenta esencialmente un mismo nivel, la elección del sistema para el control de existencias tiene que reflejar este hecho. Si la demanda sigue una tendencia ascendente, probablemente sea preferible el sistema por pedidos de magnitud fija. Sin embargo, la reserva de seguridad debiera experimentar ya sea un aumento paulatino, si aumenta la demanda, o bien se le puede calcular para que dé una protección satisfactoria ante las demandas de nivel más bajo. Si se emplea el sistema de pedidos de magnitud fija, éstos se van haciendo más frecuentes a medida que aumenta el ritmo de la demanda, así como cuando es también más alta la utilización de los materiales durante el tiempo de espera. Basándonos en este último hecho, se hace más evidente la necesidad de una mayor reserva de seguridad.

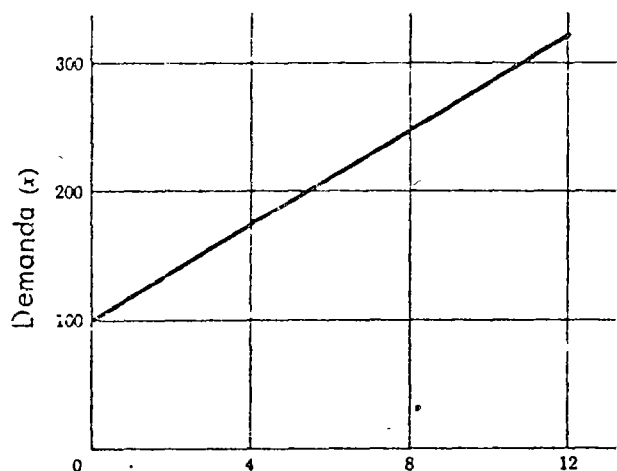
Cuando se emplea el sistema de existencias por pedidos a intervalos fijos, en circunstancias en las que la demanda sigue una tendencia ascendente, los pedidos van siendo progresivamente más grandes y, al mismo tiempo, se vuelve apreciable la reserva de seguridad. A menos que existan otras razones poderosas y ca-

TABLA 6.1. Demanda para el ejemplo 5.

Mes	Demanda Mensual	Demanda Diaria
1	100	5
2	120	6
3	140	7
4	160	8
5	180	9
6	200	10
7	220	11
8	240	12
9	260	13
10	280	14
11	300	15
12	320	16

paces de obligar al empleo del sistema de pedidos a intervalos fijos, los hechos y las condiciones que en los datos de ventas acusan una tendencia son los que favorecen el sistema de control de existencias por pedidos de magnitud fija.

El funcionamiento de los dos tipos de sistema de control de existencias en los casos en que existe una tendencia de la demanda, puede ilustrarse por medio del ejemplo hipotético que sigue (Ejemplo 5). Los datos de la demanda vienen dados en la Tabla 6.1, bajo la presunción de que los días laborables son 20



Demanda Período de tiempo (t) en meses

FIG. 6.6. Demanda mensual del ejemplo 5.

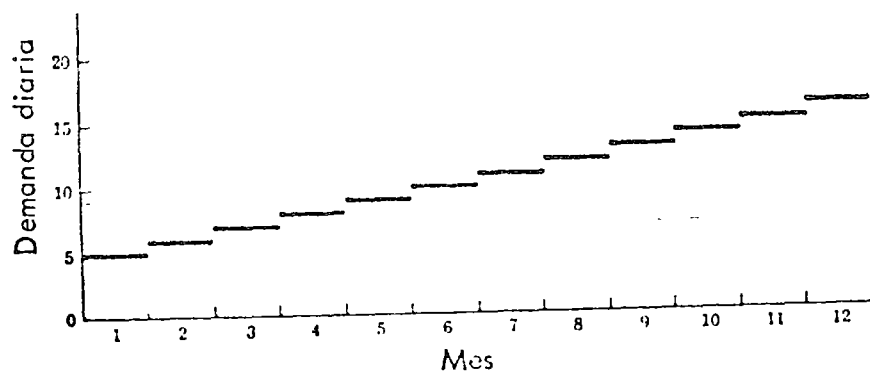


FIG. 6.7. Demanda diaria del ejemplo 5

por mes y 240 al año. Además, damos por supuesto que la demanda diaria es constante durante cualquier mes. Esta curva de la demanda es la que aparece ilustrada en las Figs. 6.6 y 6.7.

Llegados a este punto, se hace necesario determinar la magnitud económica del lote. Se da por supuesto que son de aplicar los datos siguientes.

$$\begin{aligned} \text{Costo del pedido} &= \$ 17.50. \\ \text{Costo de transporte} &= \$ 2.00. \\ \text{Utilización anual} &= \$ 2,520. \end{aligned}$$

Entonces tendremos

$$q_0 = \sqrt{\frac{2(17.50)(2520)}{2}} = 210 \text{ unidades.}$$

La Tabla 6.2 se ha construido partiendo de los datos de la

TABLA 6.2. Niveles de existencias para el ejemplo 5 bajo el sistema de control de existencias por pedidos de magnitud fija.

Día		Nivel de Existencias		
Punto de Renovación de pedidos	Punto de Reposición	En el Punto de Renovación de Pedidos	Antes de la Reposición	Después de la Reposición.
30	36	250	220	410
61	67	252	212	410
87	93	247	202	412
109	115	250	200	410
129	135	251	196	406
138	154	244	181	394
165	171	245	180	390
181	187	246	176	386
196	202	246	175	385
210	216	250	173	383
224	230	246	172	382
237	244	245	171	381

Tabla 6.1, bajo los supuestos que se han empleado para la construcción de la Fig. 6.7, y dando también por supuesto que el pedido se coloca al final de la jornada en la que las existencias llegan al punto de renovación del pedido o caen por debajo del mismo. Todos los pedidos ya recibidos se suman a las existencias por la mañana del día siguiente a su recepción. Si damos por supuesto que nuestra reserva de seguridad es de 200 unidades y nuestro tiempo de espera es de 5 días, podemos determinar el máximo esperado de existencias, los puntos de renovación de pedidos, y los puntos de reposición de existencias.

$$\text{Máximo esperado de existencias} = 200 + 210 = 410$$

$$\text{Promedio esperado de utilización diaria} = \frac{2520}{240} = 10.5$$

$$\text{Punto de renovación de pedido} = 200 + (10.5)(5) (= 252.5 \text{ (útese 255)})$$

Tabla 6.3. Niveles de existencias para el ejemplo 5 bajo el sistema de control de existencias por pedidos a intervalos fijos.

Día		Magnitud del Pedido	Nivel de Existencias		
Punto de Renovación de pedidos	Punto de Reposición		En el Punto de Renovación de Pedidos	Antes de la Reposición	Después de la Reposición.
15	21	130	335	310	410
35	41	115	350	320	440
55	61	135	330	295	435
75	81	155	310	270	430
95	101	175	290	245	425
115	121	195	270	220	420
135	141	215	250	195	415
155	161	235	230	170	410
175	181	255	210	145	405
195	201	275	190	120	400
215	221	295	170	95	395
235	241	315	150	70	390

El funcionamiento del sistema de pedidos a intervalos fijos aparece indicado en la Tabla 6.3. Son de aplicar al mismo idénticas condiciones, pero ahora necesitamos establecer el intervalo entre pedidos más bien que la magnitud de los mismos. Puesto que la magnitud del lote es 210 unidades o el intervalo más apropiado entre pedidos es $240/n$ o $240q_0/s$, tal intervalo es $(240)(210)/2520 = 20$ días. Por lo tanto, nuestro primer punto para renovación de pedidos es al terminar la décimoquinta jornada, y los demás puntos de renovación de pedido se producen de ahí en adelante cada vigésimo día.

En las Figs. 6.8 y 6.9 presentamos gráficamente las dos curvas que siguen las existencias bajo los dos sistemas. Obsérvese

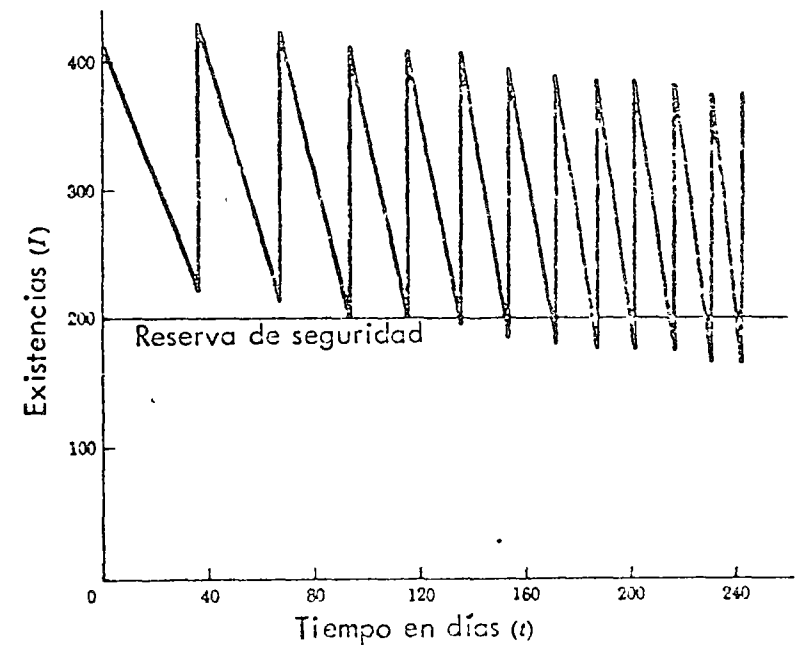


Fig. 6.8. Curva de existencias del ejemplo 5 bajo el sistema de control por pedidos de magnitud fija

que el nivel mínimo de existencias varía más cuando se sigue el sistema de pedidos a intervalos fijos. También bajo este mismo sistema hay una mayor variación en la magnitud del pedido y las existencias máximas. Estas variaciones tienen como resultado mayores costos de manutención. Bajo el sistema \bigcirc pedidos de

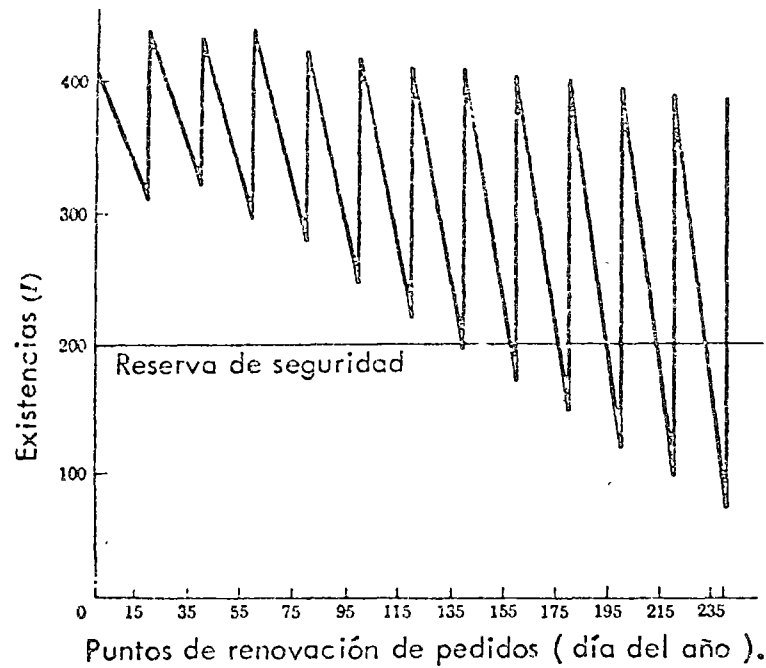


Fig. 6.9. Curva de existencias del ejemplo 5 bajo el sistema de control por pedidos a intervalos fijos.

magnitud fija, el nivel mínimo de existencias varía de 166 a 220, mientras que bajo el sistema de pedidos a intervalos fijos el nivel mínimo de existencias varía de 70 a 320 unidades. Esto quiere decir que, bajo el sistema de existencias por pedidos de magnitud fija, habría resultado adecuada una reserva de seguridad de 34 unidades, aproximadamente, mientras que bajo el sistema de intervalos fijos habrá necesidad de una reserva de seguridad de 130 unidades aproximadamente.

Si calculamos los costos anuales de manutención (para las existencias propias de los ciclos y la reserva de seguridad) correspondientes a los dos sistemas de control de existencias, podemos ver los efectos que surte el sistema de existencias cuando la demanda presenta una tendencia ascendente. El costo promedio de mantener las existencias cuando se sigue el sistema de pedidos de magnitud fija, es de \$588.17, y de \$619.17 cuando se sigue el sistema de pedidos a intervalos fijos. Esta diferencia no es mucha, pero, si reducimos la reserva de seguridad al mínimo, encontramos que los costos de manutención correspondientes al sis-

tema de pedidos de magnitud fija son \$256.17, comparados a \$479.17 que corresponden al sistema de pedidos a intervalos fijos. Por lo tanto, en este caso los costos de manutención de la reserva mínima de seguridad son casi el doble que bajo el sistema de pedidos de magnitud fija. Las variaciones en cuanto a cantidad necesaria de reserva de seguridad, y en costos de manutención de las existencias para el ciclo, sumadas a la reserva de seguridad, ilustran los efectos que surte el hecho de que el sistema de pedidos de magnitud fija sólo tenga que proteger durante el tiempo de espera, y que el sistema de pedidos a intervalos fijos tenga que proteger durante el tiempo de espera más el tiempo de un ciclo.

Este mismo tipo de comparaciones se puede hacer tratándose de situaciones en las que la demanda es cíclica. También en este caso, el sistema de control de existencias por pedidos de magnitud fija se acercará con mayor exactitud al máximo y mínimo esperados de existencias.

6.7. Una variante del sistema de control de existencias por pedidos a intervalos fijos

Una variante del sistema de pedidos a intervalos fijos consiste en establecer un valor intermedio de existencias (I_1) de tal naturaleza que, si las existencias que se tienen a mano en un período de revisión quedan entre I_1 y las existencias máximas esperadas, no se colocará ningún pedido. Esto también puede decirse como sigue: no se colocan pedidos, sino cuando las existencias que se tienen a mano son menos que I_1 , o iguales a esta cantidad. El resultado que se espera de este sistema es que se disminuya el número de pedidos muy pequeños, aunque como resultado del mismo habrán de colocarse algunos pedidos más bien grandes. Sin embargo, el aumento en el costo de los pedidos más grandes probablemente no llegue a sumar el importe de los costos de los pedidos pequeños. Para ilustrar este hecho, recordemos la curva del costo total para la determinación de la magnitud económica de los lotes. Para los aumentos de magnitud de los pedidos situados por debajo de la magnitud económica, el valor absoluto de la pendiente de la curva del costo total es mayor de lo que resulta para los aumentos de igual magnitud pero situados por encima de la magnitud económica de los pedidos. Por lo tanto, para cualquier distribución de variación de la demanda respecto a algún valor promedio, cabe la posibilidad de escoger la distribución

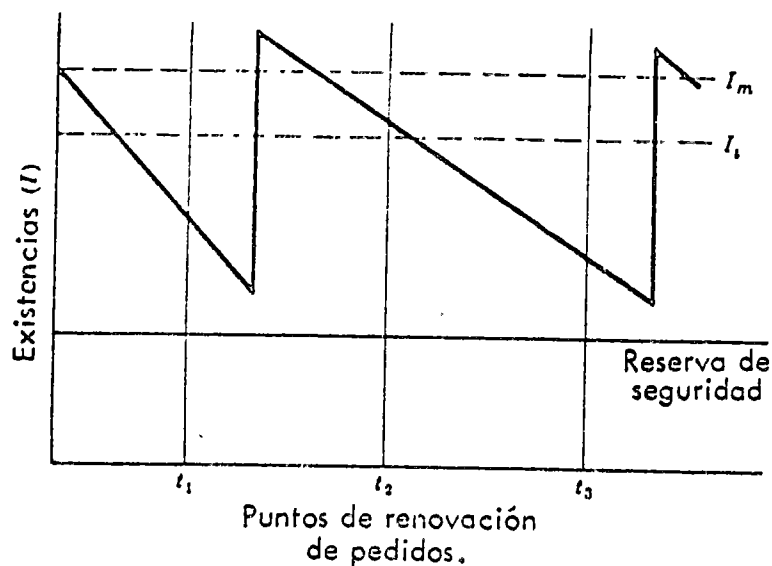


Fig. 6.10. Funcionamiento del sistema de control de existencias por pedidos a intervalos fijos, con pedidos de magnitud mínima.

esperada de magnitud de los pedidos de manera que el costo anual total sea el mínimo. Este sistema se caracteriza por los tres parámetros siguientes:

I_m = Existencias máximas deseadas.

I_i = Existencias máximas al renovar el pedido.

t = Duración del período para la revisión.

En la Fig. 6.10 se presenta el funcionamiento de este sistema de control de existencias. Obsérvese que, al final del segundo período, no se colocó ningún pedido, debido a que las existencias que se tenían a mano eran superiores al máximo que reclama la formulación de otro pedido. Este tipo de sistema de control de existencias ha sido expuesto por Arrow, Harris, y Marschak.*

6.8. Resumen

Hay dos sistemas fundamentales de control de existencias; cada uno tiene sus ventajas e inconvenientes. Además, hay la po-

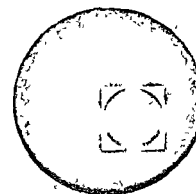
sibilidad de que cada empresa determinada cuente con un sistema cortado a su propia medida.

Al establecer niveles de existencias es necesario que se tomen en cuenta tanto las demandas conocidas como las variaciones irregulares de las mismas. Las existencias destinadas a este fin se llaman "reserva de seguridad". Cuando se tienen existencias para atender demandas conocidas, aquéllas reciben el nombre de "existencias anticipadas".

* K. Arrow, Harris, y Marschak "Optimal Inventory Policy." *Econometrica*, Vol. 19, N° 3 (Julio de 1951).



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



INGENIERIA DE METODOS Y PLANEACION DE PLANTAS
INDUSTRIALES

Administración de Inventarios

Ing. Miguel Reynoso B.

ADMINISTRACION DE INVENTARIOS

DEFINICION:

ES EL DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIOS QUE RECONOZCA LA INTERACCION DE LAS DECISIONES SOBRE LOS INVENTARIOS CON OTRAS FUNCIONES EN LA EMPRESA Y TENIENDO COMO OBJETIVO LA MINIMIZACION DE LOS COSTOS ASOCIADOS CON DICHAS DECISIONES.

RECONOCIMIENTO DE LA JERARQUIA DE SISTEMAS:

SISTEMA

- Sistema de la empresa
- Sistema de la división
- Sistema de la planta
- Sistema de manufactura
- Sistema de control de inventario

EJEMPLO DE INTERACCION CON EL INVENTARIO

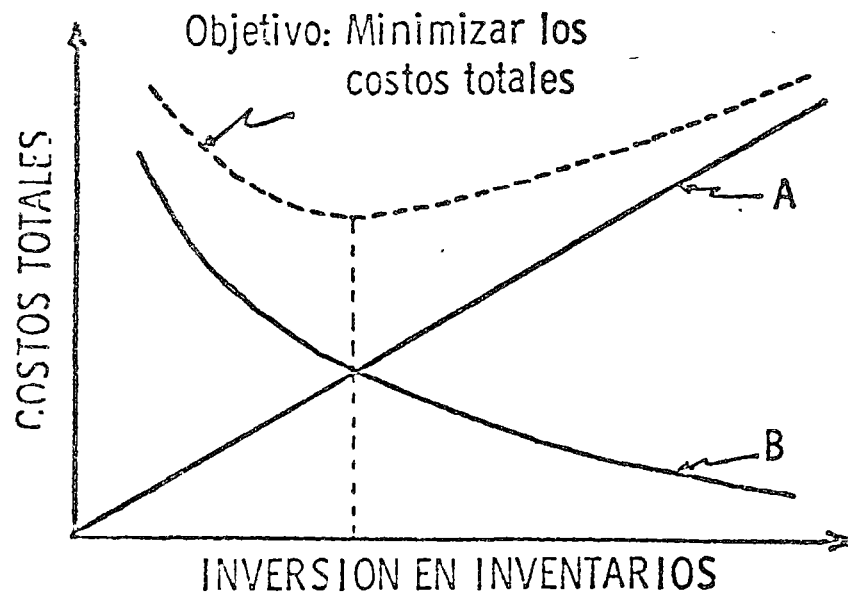
- Costo de capital
- Pronóstico de ventas, nivel de servicio, ritmo de producción
- Planeación de la producción

CONCEPTOS BÁSICOS DEL CONTROL DE INVENTARIOS

1. Determinación de los costos asociados con las decisiones sobre inventarios.
 - a. Costo de ordenar y comprar materiales
 - b. Costo de mantener inventarios
 - c. Costo asociado con la carencia de existencias, real o potencial

2. Minimización del costo total asociado con las decisiones sobre inventarios.
 - a. Equilibrio del costo de hacer decisiones sobre los inventarios con el ahorro resultante de estas decisiones
 - b. Variación del grado de control - Método ABC

CONCEPTO DE LA ADMINISTRACION DE INVENTARIOS



A. Costos que varían directamente con el nivel de inventarios:

1. Capital invertido en inventario
2. Obsolescencia y desperdicio
3. Almacenaje
4. Impuestos y seguros

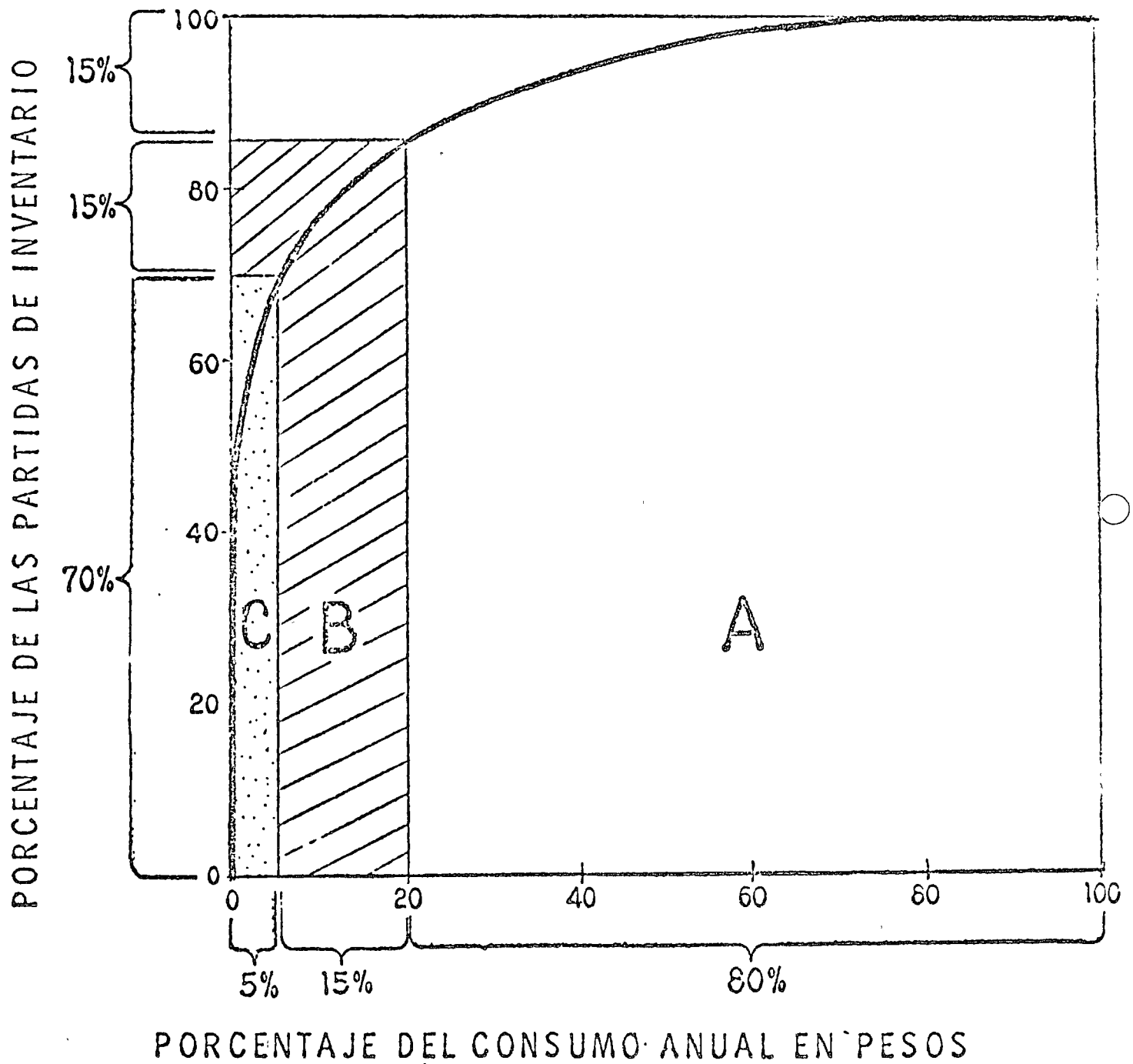
B. Costos que varían inversamente con el nivel de inventarios:

1. Pérdidas de ventas
2. Retrasos de la producción
3. Ineficiencia por producir en pequeños lotes
4. Ineficiencia debida a variaciones en el ritmo de producción

DEFINIR EL PROBLEMA DE INVENTARIOS

1. Identificar los distintos niveles de inventarios y su valor.
2. Determinar las interrelaciones básicas entre los niveles de inventarios y otras partes del sistema.
3. Revisar el método actual del control e información del sistema.
4. Establecer prioridades para desarrollar un sistema integral de control de inventarios.
 - a. Considerar la secuencia de las decisiones
 - b. Considerar los ahorros potenciales.

DISTRIBUCION NORMAL DE LOS INVENTARIOS EN
UNA COMPANIA MANUFACTURERA



CLASIFICACION ABC

PROPOSITO:

CLASIFICAR LOS ARTICULOS DE ACUERDO CON EL COSTO TOTAL DE LAS DECISIONES, SOBRE INVENTARIOS ASOCIADAS CON CADA ARTICULO.

USO DE UNA TABLA DE DECISIONES:

CLASIFICACION SISTEMATICA DE LOS ARTICULOS DE ACUERDO A LOS SIGUIENTES FACTORES:

1. VALOR DEL CONSUMO ANUAL
2. COSTO UNITARIO
3. PROBLEMAS ESPECIALES DE ALMACENAJE
4. NATURALEZA CRITICA (COSTO Y FRECUENCIA DE FALTAS DE EXISTENCIA)

TABLA DE DECISIONES PARA CLASIFICACION ABC

PREGUNTAS	RESPUESTA "SI"	PARTE NUMERO				
		1	2	3	4	5
1. CONSUMO ANUAL MAYOR A \$150,000?	A	1	0	0	0	0
2. CONSUMO ANUAL ENTRE \$50,000 y \$150,000?	B	0	1	0	0	0
3. CONSUMO ANUAL MENOR A \$50,000?	C	0	0	1	1	1
4. COSTO UNITARIO MAYOR A \$3,000?	B	1	0	0	0	0
5. PROBLEMAS DE ALMACENAJE?	B	0	0	0	0	1
6. STOCKOUT = COSTOS EXCESIVOS?	B	0	0	0	1	0
CLASIFICACION		A	B	C	B	B

INFORMACION NECESARIA PARA DECISIONES SOBRE INVENTARIOS

1. Registro exacto de las existencias
2. Tiempo de reposición
 - a. Artículos comprados
 - b. Artículos manufacturados
3. Demanda pronosticada
 - a. Bienes terminados (demanda primaria)
 - b. Partes componentes (demanda secundaria)
4. Variación en la demanda durante el tiempo de reposición
5. El costo unitario variable de los artículos
6. Costo variable de ordenar
7. Costo variable de mantener el inventario

EL COSTO VARIABLE DE ORDENAR

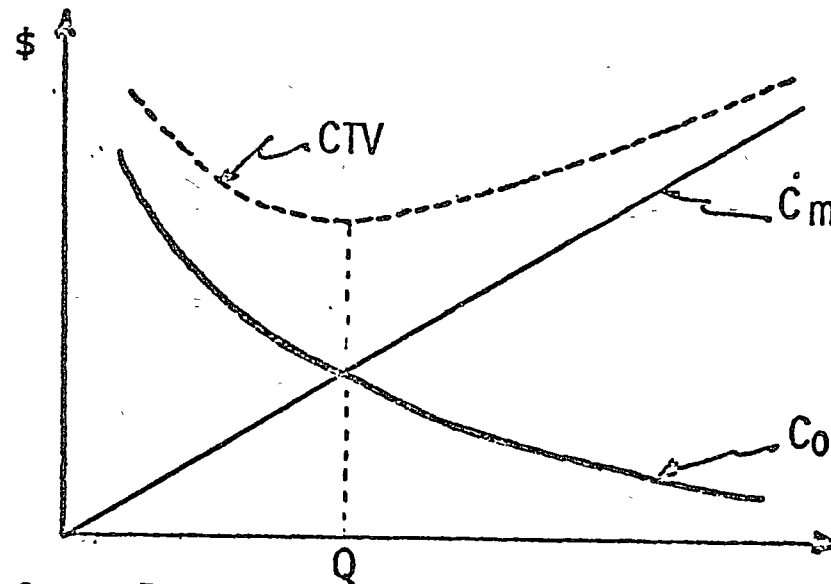
Artículos manufacturados

	<u>Por orden</u>
Control de materiales	\$ 30
Programación de la producción	25
Control de producción	50
Inspección	10
Manejo de materiales	<u>10</u>
Costo de fabricación	\$125
Costo de preparación de la maquinaria	<u>100</u>
Costo total por orden de producción	<u><u>\$225</u></u>

Artículos comprados

	<u>Por orden</u>
Compra	\$ 40
Cuentas por pagar	10
Control de materiales	30
Recepción	10
Inspección	<u>10</u>
Costo total por orden de compra	<u><u>\$100</u></u>

CANTIDAD ECONOMICA POR ORDEN.



$$CTV = C_m + C_o = KC \cdot \frac{Q}{2} + \frac{S}{Q} \cdot O$$

El mínimo del CTV ocurre cuando $C_m = C_o$, es decir, para

$$Q = \sqrt{\frac{2SO}{KC}}, \text{ siendo esta la CEO. donde:}$$

Q = la cantidad por ordenar en unidades

S = la demanda anual en unidades

O = costo por ordenar en pesos.

K = costo anual de mantener inventarios, como porcentaje de su costo

C = costo unitario en pesos

NIVEL
DE
INVENTARIOS

DECISIONES BASICAS DE INVENTARIOS

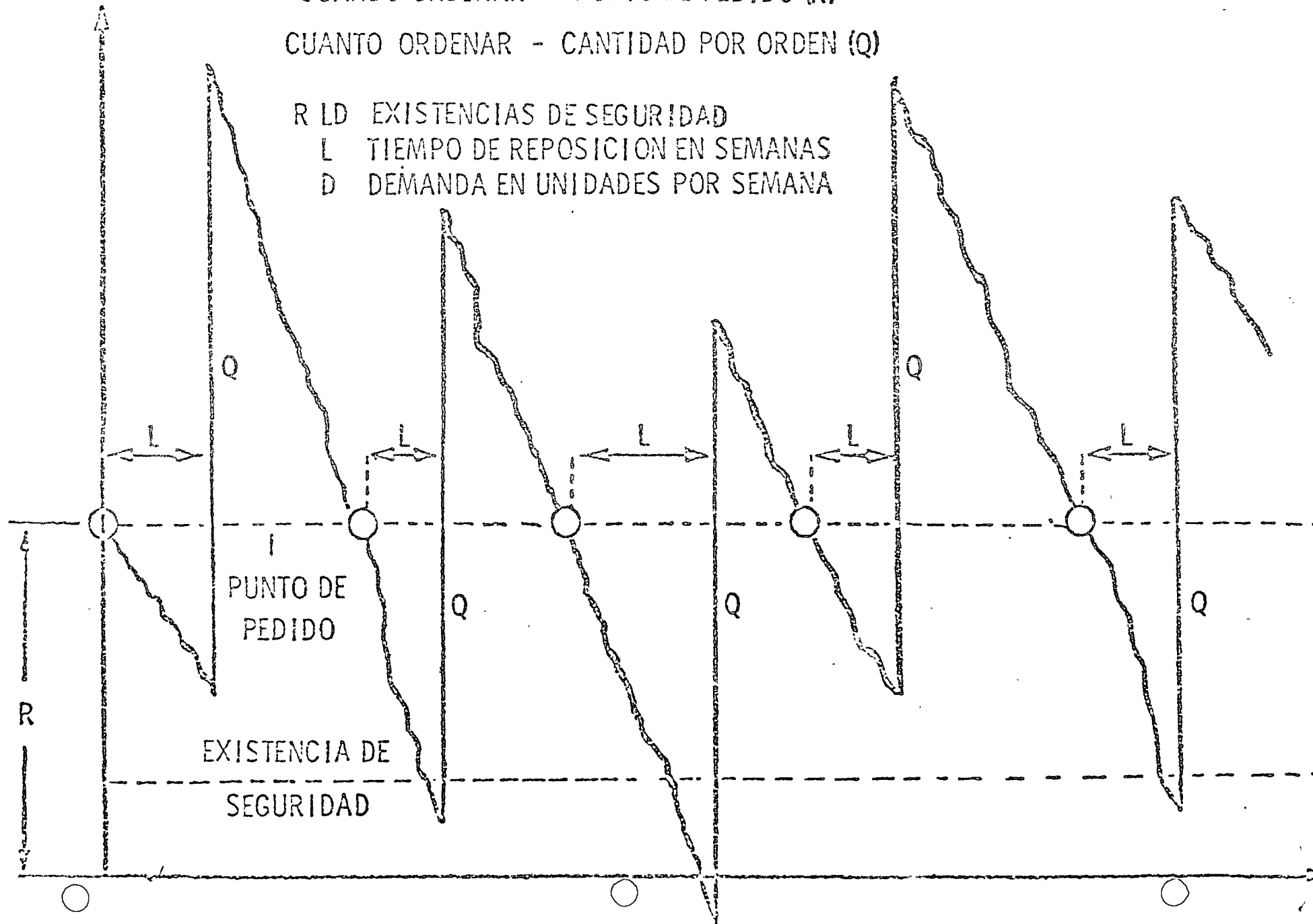
CUANDO ORDENAR - PUNTO DE PEDIDO (R)

CUANTO ORDENAR - CANTIDAD POR ORDEN (Q)

R LD EXISTENCIAS DE SEGURIDAD

L TIEMPO DE REPOSICION EN SEMANAS

D DEMANDA EN UNIDADES POR SEMANA



DESARROLLO DEL CONTROL ABC

PARTIDAS "A" - CONTROL MAXIMO

1. REGISTROS PERPETUOS AL DIA
2. CONTROL INDIVIDUAL DE CADA PARTIDA
3. PROGRAMACION Y MANEJO PRIORITARIO
4. REVISION CONTINUA DE LOS FACTORES DE CONTROL
5. APLICACION DE LAS TECNICAS PRECISAS DE CONTROL PARA BALANCEAR LOS COSTOS

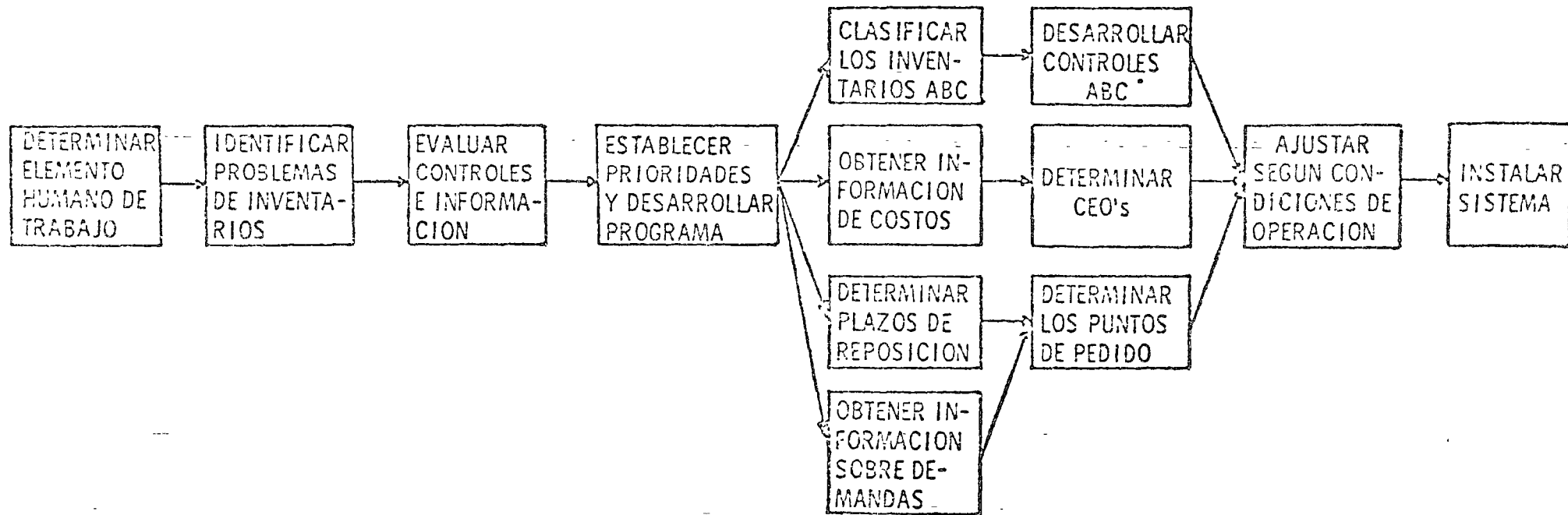
PARTIDAS "B" - CONTROL GENERAL

1. REGISTROS PERPETUOS ACTUALIZADOS CON FRECUENCIA
2. CONTROL POR GRUPOS DE PARTIDAS
3. PROGRAMACION Y MANEJO RAPIDO
4. REVISION PERIODICA DE LOS FACTORES DE CONTROL
5. APLICACION DE TECNICAS GENERALES DE CONTROL PARA BALANCEAR LOS COSTOS

PARTIDAS "C" - COSTO MINIMO DE CONTROL

1. REGISTROS PERPETUOS AL MINIMO NECESARIO
 - A. SISTEMA DE "DOS TOLVAS"
 - B. MOVIMIENTOS "A GRANEL"
2. MINIMIZAR FRECUENCIA DE LA FALTA DE EXISTENCIAS Y LA NECESIDAD DE EXPEDITAR LAS ORDENES DE COMPR
3. REVISION ANUAL DE LOS FACTORES DE CONTROL
4. UTILIZAR LA CEO Y EL PUNTO DE PEDIDO

DISEÑO DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE INVENTARIOS



REVISION GENERAL DE UN SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIOS

1. Revisión de los datos contables
 - a. Determinar el valor de varias categorías de inventarios
 - b. Ajustes anormales en los inventarios
 - c. Variaciones en los niveles de inventarios
2. Análisis del índice de rotación de inventarios
 - a. Comparación con períodos anteriores
 - b. Comparación con promedios publicados
3. Revisión del sistema de información de inventarios
 - a. Formato y exactitud de los registros de inventarios
 - b. Bases para pronosticar la demanda de inventarios
 - c. Registros relacionados: lista de materiales, etc.
 - d. Informes sobre la administración de inventarios
4. Técnicas de control usadas
 - a. Clasificaciones y controles ABC
 - b. Análisis de la CEO y de los descuentos por volumen de compra
 - c. Puntos de pedido estadísticos
 - d. Explosión de la lista de materiales
5. Inspección de las áreas de almacenaje
6. Retrasos en la producción y carencias de productos terminados relacionados con faltas en las existencias de materia prima
7. Simulación de un modelo de inventario
 - a. Seleccionar al azar algunas partidas
 - b. Simular el modelo usando datos históricos
 - c. Graficar los resultados de la simulación, y de los niveles históricos de inventario
 - d. Analizar resultados y establecer conclusiones

